Experimentelle Beiträge

zur Lehre vom

Flüssigkeitswechsel im Auge

mit vorzugsweiser Berücksichtigung

der Regeneration des Humor aqueus.

INAUGURAL-DISSERTATION,

welche

unter Zustimmung der hochlöblichen medizinischen Fakultät zu Marburg

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der Medicin, Chirurgie und Geburtshilfe

eingereicht

Heinrich Schick, pract. Arzt,

aus Laubach im Grossherzogtum Hessen.

BERLIN 1885.

Verlag von Hermann Peters,

Mohren-Strasse 28.

Experimentelle Beiträge

zur Lehre vom

Flüssigkeitswechsel im Auge

mit vorzugsweiser Berücksichtigung

der Regeneration des Humor aqueus.

INAUGURAL-DISSERTATION,

welche

unter Zustimmung der hochlöblichen medizinischen Fakultät zu Marburg

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der Medicin, Chirurgie und Geburtshilfe

eingereicht

Heinrich Schick, pract. Arzt,

aus Laubach im Grossherzogtum Hessen.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

BERLIN 1885.

Verlag von Hermann Peters,

Mohren-Strasse 28.

Verfasser, evangelischer Confession, wurde geboren am 8. Januar 1858 zu Laubach im Grossherzogthum Hessen als Sohn des dortigen Pfarrers Friedrich Schick und dessen Ehefrau Auguste geb. Jung. Bis zu seinem 14. Jahre erhielt er Privatunterricht, besuchte dann ein Jahr lang die Tertia des Gymnasiums zu Fulda und bezog 1873 das Gymnasium zu Marburg, von welchem er 1878 mit dem Zeugniss der Reife entlassen wurde. Von Ostern 1878 bis Herbst 1882 studirte er an der Universität Marburg Medizin und bestand ebendaselbst in seinem vierten Semester das Tentamen physicum. Nachdem er ebenfalls zu Marburg im Winter 1882/83 die medizinische Staatsprüfung und am 6. März 1883 das Examen rigorosum bestanden hatte, wurde er vom 1. April 1883 an Assistenzarzt an der Universitäts-Augenklinik zu Marburg. In dieser Stellung verblieb er bis Herbst 1884.

Als seine Universitätslehrer verehrt der Verfasser die Herren Professoren und Docenten:

Beneke, Böhm, Cramer, Dohrn, Frerichs, Gasser, Greeff, von Heusinger, Horstmann, Hüter, Külz, Lieberkühn, Mannkopff, Melde, Roser, Schmidt-Rimpler, Schottelius, Wagner, Wigand, Zinke.

Allen diesen Herren spricht der Verfasser hiermit seinen wärmsten Dank aus.

Das volle Verständniss einer nicht geringen Anzahl von schweren Augenerkrankungen, sowohl was deren Aetiologie als auch Therapie betrifft, wird für uns so lange unmöglich bleiben, als wir nicht eine genügende Kenntniss von dem Wege besitzen, den der Ernährungsstrom durch die verschiedenen Augentheile einschlägt. Selbst die Frage, woher nach Paracentese der Hornhaut die Flüssigkeit stammt, welche die entleerte Kammer von neuem anfüllt, ist noch nicht entgiltig gelöst.

Die ältesten Beobachtungen auf diesem Gebiete datiren aus der Mitte des 17. Jahrhunderts*). Genaue und methodische Untersuchungen über den Flüssigkeitswechsel im Auge wurden jedoch erst in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts angestellt. Memorsky**) brachte im Jahre 1865 Blutlaugensalz in das Gefässsystem von Thieren und beobachtete durch Behandlung des enucleirten Auges mit Eisenchlorid das Auftreten der injicirten Flüssigkeit in den verschiedenen Augentheilen. Einige Jahre später untersuchte Schwalbe***) die Abflusswege des Humor aqueus, indem er verschiedene Farbstoffe in die vordere Kammer des todten Auges injicirte. Nicht lange darauf veröffent-

*) S. Leber's geschichtliche Darstellung dieser Studien. (Arch. f. Ophthalm. XIX, 2. S. 125—132.)

**) Experimentelle Beiträge zur Diffusion im Auge. (Arch. für Ophthalm. XI. 2.)

***) Schultze's Archiv für mikroskop. Anatomie VI.

lichte Leber*) seine Studien über den Flüssigkeitswechsel im Auge; auch er hatte Thieren Farbstoffe in die vordere Kammer injicirt und lehrte auf Grund zahlreicher Experimente, dass der Humor aqueus nicht, wie man bis dahin immer noch annahm, durch die Hornhaut durchfiltrire, sondern bei Thieren auf dem Wege der Diffusion durch das Lückengewebe des Fontana'schen Raumes nach dem benachbarten Venenplexus hingelange. Knies**) war der Erste, welcher dem lebenden Thiere Ferrocyankaliumlösung direct in den Glaskörper injicirte, nach einigen Stunden die Thiere tödtete und nun durch Eisenchlorid die Verbreitung des Blutlaugensalzes im Auge in Berliner Blau fixirte; seine Versuche wurden in modificirter Weise von Weiss***) wiederholt. Beide Autoren beschreiben in ihren Arbeiten eine blaue Linie, welche an den mit Berliner Blau behandelten Augen von der Kammerbucht aus in die Hornhaut einsetzt und sich nach hinten bis in die Sclera hinein verlängert; doch wurde eine genügende Erklärung dieser Linie von keinem der Beiden gegeben. Nach ihnen injicirte Ulrich†) einer grossen Reihe von Kaninchen Ferrocyankaliumlösung sowohl subcutan, als auch direct in den Glaskörper, legte das enucleirte Auge sofort in Eisenchlorid und untersuchte es dann makroskopisch und mikroskopisch. In beiden Fällen, sowohl nach subcutaner wie nach directer Injection in den Glaskörper beobachtete er die schon von Knies und Weiss beschriebene Linie und fasste dieselbe als die directe Fortsetzung einer ähnlichen Linie auf, welche an seinen Präparaten an Iris und Zonula sichtbar war, und deren Abbildung er in obiger

*) Leber: Studien über den Flüssigkeitswechsel im Auge. Archiv für Ophthalm. XIX. 2.

**) Virchow's Archiv, LXV. S. 401.

***) Ueber die Abflusswege der intraocularen Flüssigkeiten. Archiv für Opthalm. XXV. 2.

†) Ueber die Ernährung des Auges. Archiv für Ophthalm. XXVI. 3.

Abhandlung gibt. Zur Erklärung dieser Linie stellte er folgende Theorie auf: Von den Gefässen der Chorioidea geht ein Flüssigkeitsstrom durch die Netzhaut in den Glaskörper über, um sich in diesem nach vorn bis zum Linsenäquator hin fortzusetzen; hier filtrirt er in dem engen Raume zwischen Linse und Ciliarkörper durch die Zonula durch in die hintere Kammer, durchdringt dann in derselben Richtung die Iris, um erst in den äusseren Hornhautlamellen ein undurchdringliches Hinderniss zu finden; denn hier biegt er nach aussen und hinten um und verbreitet sich in der Sclera. Ad. Weber*) wiederholte einen Theil der Ulrich'schen Versuche, fand aber dessen Resultate nicht bestätigt; auch wurde der Ulrich-schen Theorie der Vorwurf gemacht, dass seine Versuchsmethode keine sichere Gewähr dafür leiste, wieviel von seinen Befunden am todten Auge auf Rechnung vitaler, wieviel auf Rechnung postmortaler Processe zu schreiben sei. 1882 endlich führte Ehrlich**) ein Mittel in die experimentelle Physiologie ein, welches uns gestattete, den Flüssigkeitsstrom im Auge am lebenden Thiere zu beobachten. Er injicirte Fluoreszinlösung Kaninchen subcutan und beobachtete das Auftreten dieses Farbstoffes im lebenden Auge. Auf Grund seiner directen Beobachtungen nimmt Ehrlich auf der Vorderfläche der Iris zwei von einander getrennte, aber bestimmt localisirte Sekretionscentren an, welche am intacten Auge den Humor aqueus lieferten; nach Paracentesis corneae dagegen, meint er, stürze die regenerirte Flüssigkeit am Irisrande zwischen Sphinkter und Linse hervor. Die Befunde Ehrlich's wurden bald darauf von Pflüger***) in Bern bestätigt;

---

*) Transactions of the internal med. Congress, London, Ophthalmology.

**) Deutsche medicinische Wochenschrift No. 2, 1882.

***) Zehender, Monatsblätter, 1882, pg. 81.

dagegen konnte letzterer nach Injection von Fluoreszin in den Glaskörper keine Färbung der vorderen Kammer wahrnehmen; eine Thatsache, welche gegen die Ulrich'sche Filtrationstheorie vom Glaskörper aus sprach. Zu gleicher Zeit stellten Schöler und Uhthoff*) eine grosse Reihe von Versuchen mit Fluoresziniujectionen an, indem sie den Thieren den Farbstoff sowohl subcutan, als auch direct in den Glaskörper, als auch in die vordere Kammer injicirten und auf diese Weise am lebenden Thiere den Flüssigkeitswechsel im Auge und dessen Abhängigkeit vom Nervensystem beobachteten. Sie kommen Beide zu dem Schlusse, dass sowohl die Ehrlich'sche wie die Ulrich'sche Theorie falsch sei; sie konnten kein Hervortreten des Farbstoffes auf der Irisvorderfläche beobachten und behaupten, dass nicht nur am paracentirten, sondern auch am intacten Auge (l. c. p. 62) jede Grünfärbung in der vorderen Kammer ausschliesslich von der hinteren Kammer her ihren Ausgang nehme, indem die Flüssigkeit jedesmal zwischen Iris und Linse hervortrete. Der Inhalt der hinteren Kammer wird nach ihnen vom Ciliarkörper secernirt. In seiner Erwiderung**) auf diese Arbeit sucht Ulrich die Schöler'schen Beobachtungsfehler damit zu erklären, dass jener es versäumt habe, mit albinotischen Kaninchen zu experimentiren, da Thiere mit brauner Iris wegen der optischen Eigenthümlichkeit des Fluoreszins eine exacte Beobachtung nicht zuliessen. Aber auch diese Entgegnung Ulrich's vermochte nicht die Differenz der bisher ausgesprochenen Anschauungen über den Flüssigkeitswechsel im Auge hinreichend zu beseitigen. Es lag daher genügende Veranlassung vor, die von beiden Autoren angestellten Versuche zu wiederholen und durch neue Versuchsanordnung

*) Schöler: „Das Fluoreszin in seiner Bedeutung für den Flüssigkeitswechsel des Auges". Jahresbericht über die Wirksamkeit der Augenklinik. Berlin 1881.

**) Ulrich: Archiv für Augenheilkunde, XII, pg. 153.

vielleicht zur Klärung der erörterten Frage beizutragen. Dies ist der Zweck der Arbeit. Sei es mir an dieser Stelle vergönnt, meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Schmidt-Rimpler in Marburg, der mir die Anregung zu dieser Arbeit und in seiner Klinik Gelegenheit gegeben hat, die erforderlichen Versuche anzustellen, für seine freundliche Hilfe gebührenden Dank auszusprechen.

Ich habe bei meinen Versuchen zunächst die Ulrich'sche Methode angewendet, indem ich den Thieren sowohl subcutan, als auch direct in den Glaskörper Fe.CyK-Lösung und Uraninlösung injicirte, den Bulbus in verschiedenen Zeitintervallen nach der Injection, je nach dem Auftreten des Uranins in der vorderen Kammer, enucleirte und nun durch Einlegen des Bulbus in Eisenchlorid das Blutlaugensalz in Berliner Blau zu fixiren suchte. Weiter habe ich dann, wie im zweiten Theile der Arbeit geschildert, die durch jene Versuche gewonnenen Resultate durch subcutane Injection von Uraninlösung controlirt. Hierbei sah ich von directer Injection in den Glaskörper ab, weil mir dieselbe, auch mit grösster Vorsicht ausgeführt, doch ein zu grosser Eingriff in den physiologischen Flüssigkeitswechsel im Auge zu sein schien, als dass man daraus Schlüsse auf das normale Auge auch nur annähernd zu ziehen berechtigt wäre. Der Arbeit habe ich keine Abbildungen beigefügt, sondern die wichtigsten Versuche den Protocollen nach wörtlich wiedergegeben, weil ich hoffte, dadurch dem Leser am ersten ein klares Bild der Untersuchungen geben zu können.

I. Theil.

1.

Graues ausgewachsenes Kaninchen.

Subcutane Injection von 8 Ccm. 10procentiger Ferrocyankaliumlösung und 2 Ccm. 20procentiger wässeriger Uraninlösung zu beiden Seiten der Wirbelsäule. Enucleation des

Bulbus 15 Minuten nach der Injection, sobald das erste Auftreten von Uranin in der vorderen Kammer bemerkt wird. Das Auge wird sofort in 10procentige alkoholische Lösung von Eisenchlorid gelegt und nach 14 Tagen untersucht.

Makroskopische Betrachtung: Die Conjunctiva ist stark grünlich blau gefärbt, an verschiedenen Stellen verschieden stark, ebenso die Sclera; letztere ist besonders stark gefärbt an den Durchtrittsstellen der Gefässe und in der Gegend des gesammten Corneallimbus. Die Corneoscleralgrenze sieht tief blau aus; die Hornhaut selbst hat eine grünliche Färbung, ohne jedoch an irgend einer Stelle eine besondere Zeichnung erkennen zu lassen. Der Bulbus wird durch einen Meridionalschnitt halbirt. In der vorderen Kammer befindet sich eine grüngelbliche geronnene Masse, welche in der Kammerbucht eine mehr bläuliche Färbung hat. Auf der Iris und im Pupillargebiete ist keine Färbung zu erkennen. Der Sphinkter Iridis ist theilweise mit der Linse verklebt, doch ist zwischen Sphinkter und Linse nirgends eine blaue Färbung zu bemerken. In der hinteren Kammer, besonders an der Iriswurzel und zwischen den Firsten der Ciliarfortsätze hat sich reichliches, dunkelblau gefärbtes Gerinnsel angesammelt. Die Zonula ist blau gefärbt, ebenso die Linsenkapsel in der äquatorialen Gegend. An der Linsensubstanz bemerkt man makroskopisch keine Färbung. Der nur noch in Resten erhaltene und der hinteren Linsenfläche in Fetzen anhaftende Glaskörper sieht grünlich blau aus. Die Netzhaut ist bräunlich gefärbt; an der Aderhaut ist keine abnorme Färbung bemerkbar.

Das Auge wird nun durch Meridionalschnitte in verschiedene Theile getheilt, die einzelnen Theile in Paraffin eingebettet und mikroskopisch untersucht. Die Schnitte werden, da Canadabalsam wegen seiner zerstörenden Einwirkung auf die blaue Färbung der Gewebe nicht zu brauchen ist, in Glycerin mit Essigsäure eingelegt.

Mikroskopische Untersuchung: Die Hornhaut zeigt eine diffuse grünlich blaue Färbung, welche sich besonders auf die Hornhautkörperchen erstreckt und nach dem Limbus stärker wird. Das Epithel ist nicht gefärbt; an einigen Stellen sieht man auch eine strichförmig aussehende stärkere Färbung das Hornhautgewebe quer durchsetzen; doch ist diese Zeichnung nicht constant in allen Schnitten zu sehen und tritt an ganz

verschiedenen Stellen auf, selbst bei Schnitten, welche dicht an einander lagen; die Zeichnung macht mehr den Eindruck, als wenn hier post mortem Farbstoff über das Präparat hinweggewischt wäre. Eine deutliche Zeichnung im Sinne des von Ulrich erwähnten Filtrationsstreifens ist nicht zu sehen. Das Lückengewebe des Fontana'schen Raumes ist diffus blau gefärbt, ebenso die Corneoscleralgrenze; von dieser geht die Färbung, allmählich an Intensität abnehmend, in das Hornhautgewebe über. Meridionalschnitte durch das Irisgewebe zeigen deutliche Blaufärbung der Gefässe und ihrer Umgebung; die Färbung ist stärker in den hinteren Gewebsschichten, als in den vorderen; in der Pigmentepithelschicht ist gar kein blauer Farbstoff zu erkennen. Die Färbung nimmt zu nach der Iriswurzel hin. Eine Durchquerung der Iris durch den Farbstoff im Sinne des Ulrich'schen Filtrationsstreifens ist nicht zu erkennen. Die Gefässe des Ciliarkörpers sind blaugefärbt und in den Lücken zwischen den einzelnen Ciliarfortsätzen haften grünblaue Massen. Die Färbung setzt sich deutlich nach hinten in das Chorioidalgewebe fort; letzteres, an sich schon stark pigmentirt, ist durch das Eisenchlorid so gebräunt und zum Theil zerstört, dass in demselben nichts mit Sicherheit zu constatiren ist. In der von dem Eisenchlorid stark braun gefärbten Netzhaut ist kein Berliner Blau mit Sicherheit zu constatiren. Sowohl vordere wie hintere Linsenkapsel ist schwach bläulich gefärbt, am meisten am Aequator. Hier zeigt auch das Kapselepithel eine leichte Färbung; eine Färbung der Linsensubstanz selbst ist nicht zu sehen.

Die Untersuchung zweier weiterer Augen, die in derselben Weise behandelt wurden, ergiebt im wesentlichen dieselben Resultate.

2.

Albinotisches Kaninchen.

Subcutane Injection von 8 Ccm. 10procentiger Ferrocyankaliumlösung und 2 Ccm. 20procentiger Uranlösung. Weitere Behandlung wie bei Versuch 1. Enucleation beider Augen nach 35 Minuten, als die vordere Kammer grün fluoreszirt und die Iris bereits eine deutliche Gelbfärbung angenommen hat.

Makroskopische Untersuchung: Die Hornhaut ist diffus blau gefärbt; nach dem Limbus hin nimmt die Färbung an Intensität zu. Die dem Bulbus anhaftenden Conjunctival-

fetzen sehen dunkelblau aus. Die dunkelblau erscheinende Sclera ist an einigen Stellen stärker gefärbt, besonders an den Gefässdurchtrittsstellen und nach der Hornhautgrenze hin. Der Bulbus wird durch einen Meridionalschnitt halbirt. In der vorderen Kammer ist bläuliches Gerinnsel; im Pupillargebiet liegt eine grünblau aussehende Exsudatmasse, die sich jedoch nicht sichtbar in die hintere Kammer fortsetzt, sondern am Sphinkter Iridis aufhört. Die Iris selbst ist schwach blau gefärbt, in der peripheren Hälfte mehr als in der centralen. Auf der vorderen Irisfläche ist kein gefärbtes Exsudat sichtbar, wohl aber sind die Hinterfläche der Iris und die Ciliarfortsätze mit grünbläulichem Gerinnsel bedeckt. Auf der Linse sind keine Niederschläge bemerkbar; die Linsenkapsel ist schwach gefärbt; die Färbung nimmt zu nach dem Aequator hin. Der Glaskörper haftet in dunkelblauen Fetzen der hinteren Linsenfläche an und ist nur noch in Resten erhalten. Netzhaut und Aderhaut sehen diffus grünblau aus, von Eisenchlorid vielfach braun gefärbt.

Mikroskopische Untersuchung: Das Hornhautgewebe zeigt eine diffuse grünbläuliche Färbung, die an den Hornhautkörperchen deutlicher hervortritt und sich besonders stark durch eine Linie zwischen innerem Epithel und Glashaut kennzeichnet. Zwischen den Epithelzellen, welche nicht gefärbt sind, sieht man nur hier und da einen blauen Punkt oder Strich; die Färbung des Hornhautstromas nimmt an Intensität zu nach dem Limbus hin; im vorderen Hornhautepithel ist keine Spur von Färbung zu sehen. Ein deutlicher Filtrationsstreifen, wie ihn Ulrich beschreibt, ist nirgends zu constatiren, obwohl zahlreiche Schnitte in den verschiedensten Richtungen hin angefertigt und untersucht wurden. Das Lückengewebe des Fontana'schen Raumes ist diffus dunkelblau gefärbt, ebenso der Sclerallimbus; auch das Randschlingennetz der Conjunctiva sieht dunkelblau aus. Auf dem vorderen Irisrand sind an einigen Stellen blaue Punkte zu bemerken (conf. II. Theil, Versuch 3); in dem Irisgewebe selbst sieht man die Gefässe grünlich blau gefärbt, besonders in den hinteren Schichten; der Inhalt der Gefässe sieht schmutzig braun aus; an einzelnen Stellen geht von den Gefässen, besonders von dem auch von Ulrich erwähnten grossen Randgefäss eine diffuse hellblaue Färbung in das Irisgewebe über, welche sich an vielen Stellen bis zum vorderen Rande erstreckt und hier

in den oben erwähnten blauen Punkten endigt; letztere sind nicht gefärbtes Gewebe, sondern erscheinen als homogene blaue Masse auf und zwischen dem Epithel. Die Gefässe des Ciliarkörpers sind ebenfalls blau gefärbt; die Färbung erstreckt sich hier in das angrenzende Gewebe und erscheint in den Lücken zwischen dem Gewebe als blaue Masse; nach hinten zieht die Färbung noch deutlich sichtbar den Gefässen entlang in die Chorioidea hinein. Eine Fortsetzung des gefärbten Pupillarexudates zwischen Iris und Linse durch bis in die hintere Kammer ist nicht nachzuweisen. Zonula Zinni und Linsenkapsel sind blau gefärbt, letztere nach den Polen hin an Intensität ihrer Färbung abnehmend, ebenso das Kapselepithel; dagegen kann man auf Meridionalschnitten durch die Linse selbst keine Spur von Färbung wahrnehmen. In der Netzhaut sind keine umschriebenen Färbungen wahrzunehmen; das Gewebe ist diffus grünlich braun gefärbt; die äusseren Schichten (bis zur inneren Körnerschicht) stärker als die inneren Schichten. Genaue Untersuchungen der Retina werden nicht vorgenommen, da das Gewebe von dem Eisenchlorid schon zu sehr zerstört ist. Die Chorioidea ist überall diffus gefärbt. Die Sclera zeigt dieselbe Färbung wie die Hornhaut, nur ist sie in der Umgebung einzelner Gefässe stärker gefärbt als die Cornea.

Die Untersuchung des in derselben Weise behandelten zweiten Auges desselben Thieres ergab dasselbe Resultat.

3.

Graues Kaninchen.

Subcutane Injection von 8 Ccm. einer 10procentigen Lösung von Fe.Cy.K. und 2 Ccm. 20procentiger Uraninlösung. Enucleation nach 45 Minuten. Beide Augen werden in derselben Weise behandelt, wie bei Versuch 1 und 2.

Sowohl makroskopische wie mikroskopische Untersuchung dieser Augen ergeben im wesentlichen dieselben Resultate wie bei Versuch 2; nur war im Allgemeinen eine stärkere Färbung der Gewebe zu constatiren. Iris und Ciliarkörper waren diffus durchtränkt; ebenso Netzhaut und Chorioidea. Am Linsenäquator war neben einer intensiven Färbung der Linsenkapsel auch ein Eindringen des Farbstoffes zwischen die Linsenfasern selbst zu constatiren.

Die Befunde der bisher beschriebenen Untersuchungen lassen folgende Betrachtungen zu.

Die dem Kaninchen subcutan injicirte FeCyK-Lösung wird rasch von dem thierischen Gewebe resorbirt und erscheint schon nach 10 Minuten (s. Vers. 1) im Blutgefäss-System des Auges. Das Blutlaugensalz tritt aus den Gefässen aus, um sich in den verschiedenen Geweben zu verbreiten (conf. Vers. 1 und 2). Ob die Retina, wie. Ulrich meint, durch einen von der Chorioidea ausgehenden Diffusionsstrom ernährt wird, oder von den Retinalgefässen selbst, muss ich vorläufig dahingestellt sein lassen, da ich aus den oben angeführten Gründen keine Detail-Untersuchungen des Retinalgewebes vorgenommen habe. Die stärkere Färbung der äusseren Netzhautschichten gegenüber den inneren (Vers. 2), kann, wie ich unten ausführen will, als postmortale Erscheinung aufgefasst werden. Dass das Netzhautgewebe in obigen Versuchen sich viel langsamer und weniger stark färbte, als das Chorioidalgewebe, scheint allein eine Folge der grösseren Gefässarmut und des Umstandes zu sein, dass beim Kaninchen die Netzhautgefässe nur mit einem kleinen Theil des Gewebes, nur im Bereich der markhaltigen Fasern (Leber), in directer Verbindung stehen, die aus denselben heraustretende Nährflüssigkeit also längere Zeit bedarf, um die ganze Netzhaut zu durchdringen. Bei längerer Einwirkung des Blutlaugensalzes war auch (conf. Vers. 3 Enucleation nach 45 Min.) das Netzhautgewebe diffus gefärbt. Den Befund Ulrich's, dass das Netzhautgewebe an einigen Stellen, entsprechend der stärkeren Färbung der Aderhaut, ebenfalls eine stärkere Färbung aufweise, habe ich nicht gesehen. Kann der Befund Ulrich's nicht auf einem postmortalen Processe beruhen? Steht doch nichts der Annahme entgegen, dass von dem Momente der Enucleation an bis zu dem Zeitpunkte, wo der Eisenchloridalkohol durch Sclera und Aderhaut bis zur Netzhaut durchgedrungen ist, nicht

auch ebenso das schon in der Chorioidea enthaltene Blutlaugensalz erst nach dem Tode von besonders stark durchtränkten Gewebsstellen der Chorioidea in die Netzhaut durchfiltirt und hier von dem nachfolgenden Eisenchlorid in Berliner Blau verwandelt worden ist. Aus demselben Grunde möchte ich behaupten, dass die auf S. 13 erwähnte starke Färbung der äusseren Netzhautschichten erst Folge eines postmortalen Processes ist, da die später beschriebenen Versuche mit Uranininjectionen durchaus gegen eine Ernährung der Netzhaut von der Chorioidea aus sprechen (Vergl. II. Th., S. 62). Ginge aber wirklich ein Flüssigkeitsstrom von der Aderhaut durch die Netzhaut in den Glaskörper über, so müsste doch die Netzhaut mindestens ebenso stark gefärbt sein als der Glaskörper, wenigstens solange als Injectionsmasse der Chorioidea zugeführt wird. Dies ist aber nicht der Fall. Ferner würde der Glaskörper in den hinteren Schichten nicht weniger gefärbt sein dürfen, als in den vorderen. Derselbe ist aber sowohl bei Ulrich's als auch bei meinen Injectionsversuchen am meisten gefärbt in der Nähe des Linsenäquators. Diesen Umstand erklärt Ulrich damit, dass der Strom in der Zonula ein Filtrum zu passiren hat, und daher vor derselben eine Stauung des Farbstoffes stattfindet. Diese Stauung kann ich bei einer gleichmässigen Strömung gut diffusibeler Stoffe nicht annehmen. Allerdings ist die Zonula sehr stark gefärbt, stärker als die Linsenkapsel, aber nicht mehr, sondern weniger als Corpus ciliare und Iris. Liegt da nicht der Gedanke viel näher, dass die Flüssigkeit aus Iris und Corpus ciliare in die hintere Kammer austrete und von hier durch die Zonula in den Glaskörper durchfiltrire? Die von Ulrich*) abgebildete blaue Linie zwischen vorderer und hinterer Linsenkapsel kann ich nicht als ein Wahrscheinlichkeitszeichen dafür

*) Archiv für Ophthalmol. XXVI. 3 pag. 42.

ansehen, dass der Flüssigkeitsstrom sich am Linsenäquator von hinten nach vorn durchpresse. Aus dem dritten Versuch ist ersichtlich, dass die Ferrocyankaliumlösung vom Linsenäquator aus in die Linsensubstanz selbst und zwar zunächst zwischen den Linsenfasern eingedrungen und von hier sich nach dem Linsencentrum hin verbreitet hat. Irgend einen Anhaltspunkt für die Annahme Ulrich's, dass, während die vordere Linsenhälfte von der hinteren Kammer aus ernährt wird, die hintere Hälfte ihre Nahrungszufuhr von der Chorioidea durch den Glaskörper erhalte, konnte ich nicht finden. Auch sprechen gegen diese Annahme Ulrich's direct die Befunde Schöler's, welcher nach Injection von Uranin in den Glaskörper tagelang eine diffuse Grünfärbung des Glaskörpers beobachtete, ohne dass Grünfärbung der Linse auftrat.

Wenden wir uns nun zu der Frage: Wie steht es mit der Communication zwischen vorderer und hinterer Kammer? Geht die Flüssigkeit, wie Schwalbe, Knies, Mémorsky, Schöler annehmen, zwischen Iris und Linse durch das Pupillargebiet durch, oder ist ein ganz bestimmter Filtrationsweg quer durch die Iris vorgeschrieben, wie Ulrich annimmt, oder wird die vordere Kammer überhaupt nicht von der hinteren Kammer gespeist?

Einen Uebertritt der Flüssigkeit aus der hinteren Kammer zwischen Iris und Linse durch, in die vordere Kammer konnte ich ebenso wenig constatiren, wie Ulrich: denn es fehlte in meinen Präparaten am Sphinkterrand zwischen Iris und Linse jede Fortsetzung der blauen Färbung aus der hinteren in die vordere Kammer. Aber ebenso wenig habe ich einen umschriebenen Filtrationsweg durch die Iris aus der hinteren Kammer in die vordere Kammer und durch dieselbe bis zur Hornhaut hinein, wie ihn Ulrich annimmt, und durch Abbildungen zur Anschauung bringt, bei meinem Verfahren nachweisen können. Den von Ulrich beschriebenen scharf abgegrenzten die

Iris quer durchkreuzenden Streifen konnte ich an keinem Präparate wahrnehmen, obwohl ich 9 Augen zu verschiedenen Zeiten nach der subcutanen Injection von FeCyK enucleirte und gerade hierauf untersuchte. Ulrich geht gewiss zu weit, wenn er zur Erklärung der Form seiner Filtrationsstreifen (l. c. S. 48) die schmale Zone zwischen Linsenäquator und Corpus ciliare mit der Oeffnung eines Inhalations-Apparates vergleicht, durch welche sich der Dampf mit Gewalt durchpresst und dann vor derselben in seinen einzelnen Theilchen divergirend eine ähnliche Winkelform erzeugt, wie sie Ulrich in seinen Präparaten gesehen hat. Die in zwei Schenkel divergirende Form des U.'schen Filtrationsstreifens beruht wohl mehr auf Zufälligkeit, als auf dem oben erwähnten Principe; denn wir haben an der Zonula keine scharf begrenzte Oeffnung, wie sie die Spitze eines Inhalationsapparates darbietet, sondern eine geschlossene thierische Membran, durch welche die Flüssigkeit bei Druckdifferenz zwischen vorderer und hinterer Kammer höchstens langsam durchfiltriren kann. Hätten wir im Auge eine so starke Strömung, dass dieselbe, in derselben Richtung bleibend, durch Zonula, hintere Kammer, Iris und vordere Kammer bis in die Hornhaut hinein gleichsam in einem scharfen Strahle durchdränge, so müsste die Differenz zwischen dem Druck im Glaskörper und dem in der hinteren und vorderen Kammer eine so exorbitant grosse sein, wie sie im Auge eben nicht vorkommt. Die Annahme einer Fortsetzung des Stromes durch die Iris setzt einen solchen Druckunterschied zwischen hinterer und vorderer Kammer voraus, dass die Iris nothwendig beim Anprall des Stromes gegen die hintere Fläche von der Linse abgehoben würde. Man vergegenwärtige sich nur, dass der im Strome selbst herrschende Druck sich sofort der ganzen hinteren Kammer mittheilen würde. Weshalb sollte alsdann die Flüssigkeit nicht den viel einfacheren Weg durch das Pupillargebiet nehmen, sondern

mit Gewalt gerade an einer Stelle durch die Iris durchgepresst werden? Vielmehr neige ich der Annahme Ulrich's zu, welche er in seiner letzten Abhandlung*) über diesen Gegenstand ausspricht, dass die Iris vermöge ihres schwammigen Gewebes an der gesammten Hinterfläche die in der Hinterkammer enthaltene Flüssigkeit aufsaugt, um sie dann an der Vorderfläche der vorderen Kammer mitzutheilen. Hierbei kann es allerdings vorkommen, dass die eine oder andere Stelle des Irisgewebes die injicirte Flüssigkeit eher und in höherem Grade ansaugt als andere Stellen, und dieser Umstand hat Ulrich vielleicht zur Annahme seines Filtrationsstromes veranlasst. Doch sprechen obige Versuche für eine noch viel näher liegende Anschauung. An den Präparaten, besonders schön an den im zweiten Versuch angefertigten, sieht man deutlich, wie im Corpus ciliare die Färbung sich von den Gefässen aus in dem Gewebe verbreitet und dasselbe allmählich — ich enucleirte die Augen in verschieden langer Zeit nach der Injection — durchdringt, bis sie an der Oberfläche in einzelnen blauen Punkten erscheint. Ebenso in der Iris: Hier waren die hinteren Gewebsschichten zuerst gefärbt, da wo die Gefässbildung am reichlichsten ist; von hier aus verbreitet sich die Färbung dem Gefässverlauf folgend, am deutlichsten an dem grossen Randgefäss, durch das Irisgewebe. An vielen Stellen erstreckte sich die Färbung bis zum vorderen Epithel und erschien hier an der ganzen vorderen Fläche, nicht an einer bestimmten Stelle, wie es Ulrich's Filtrationsstrom voraussetzt, sondern als einzelne Punkte, die an verschiedenen Schnitten eine ganz verschiedene Lage hatten.

Hieraus muss man den Schluss ziehen, dass der Humor aqueus wenigstens zum grössten Theile den Irisgefässen entstammt, aus denselben in das

*) Archiv für Ophthalmologie 30. 4.

Irisgewebe übergeht, um dann von der ganzen vorderen Irisfläche aus in den Kammerraum einzudringen; zugleich aber muss auch die Möglichkeit zugegeben werden, dass das Irisgewebe, wie vorher erwähnt ist, von der hinteren Kammer her Flüssigkeit aufsaugt; ob dieselbe aber in die vordere Kammer durchdringt, oder von den Irisgefässen resorbirt und weggeschwemmt wird, kann auf Grund obiger Versuche nicht entschieden werden. Wir werden später auf diese Frage zurückkommen. (Conf. S. 55.)

Ulrich wird mir entgegenhalten, ich habe nicht frühzeitig genug enucleirt; denn S. 45 l. c. sagt er: „untersucht man später" — als ½—1½ Stunden nach der Injection — „so findet man die Iris diffus gefärbt, wahrscheinlich weil das FeCyK mit der Zeit aus dem Filtrationsstreifen in die Irisgefässe übergeht, und durch sie dem übrigen Irisgewebe mitgetheilt wird." Aber auch bei Versuch 1, wo das Auge 15 Minuten nach der Injection enucleirt wurde, fehlte der Streifen. Warum soll denn das Fe Cy K, um in die Irisgefässe zu gelangen, erst aus den Chorioidalgefässen austreten, das Chorioidal- und Netzhautgewebe, Glaskörper, Zonula, hintere Kammer und Irisgewebe erst durchdringen? Es wird doch vom Blutstrom ebenso rasch den Irisgefässen zugeführt als den Chorioidalgefässen. Wohl wird es nicht aus allen Gefässen zu gleicher Zeit austreten, sondern aus dem einen etwas später als aus dem anderen und kann auf diese Weise strichförmige Zeichnungen in dem Gewebe hervorrufen, die man für den Ulrich'schen Filtrationsstreifen halten kann.

Ebensowenig wie an der Iris, konnte ich mich an der Hornhaut von der Anwesenheit eines Filtrationsstreifens, der die Fortsetzung eines Streifens in der Iris repräsentire, überzeugen. Man konnte wohl in einigen Präparaten an einzelnen Stellen eine stärkere Färbung die

Hornhaut quer durchsetzen sehen; doch war diese Färbung zu inconstant und in den einzelnen Schnitten derselben Hornhaut an zu verschiedenen Stellen localisirt, als dass man sie für den von Ulrich beschriebenen Streifen hätte halten oder mit Bestimmtheit hätte sagen können, der Farbstoff sei nicht erst bei Herstellung des Präparates dahin gebracht worden. Gegen die Annahme, dass die Cornea von der vorderen Kammer aus durch eine Filtrationsströmung gespeist werde, sprechen die Resultate Leber's*), welcher experimentell nachgewiesen hat, dass die lebende Hornhaut bei unverletztem hinteren Epithel das Kammerwasser nicht aufnimmt. Würde dasselbe von den Epithelzellen aufgenommen und in veränderter Form dem Hornhautstroma mitgetheilt, was ja auch nach der eben citirten Arbeit denkbar ist, so dürfte man nicht von einer mechanischen Filtration an einer bestimmten Stelle im Sinne Ulrich's, sondern müsste von einer Resorption sprechen. Nach meinen Präparaten, besonders denen von Versuch 2 und 3, muss ich den Schluss ziehen, dass das Fe Cy K vom Limbus her in das Hornhautstroma und von hier gegen das Centrum hin vordringt. Wie weit nun hierbei die aus der vorderen Kammer durch den Fontana-schen Raum abgeflossene Flüssigkeit betheiligt ist, konnte durch die bisherigen Versuche nicht eruirt werden.

Obwohl ich anfangs die Injection in den Glaskörper zwecks Untersuchung des Flüssigkeitswechsels im Auge aus schon oben angeführten Gründen verwarf, so veranlassten mich doch sowohl die Differenz meiner Befunde von den Ulrich'schen als auch besonders einige Worte Ulrich's, noch zwei Augen nach Injection von Fe Cy K-Lösung direct in den Glaskörper zu untersuchen. Auf S. 45 l. c. sagt nämlich Ulrich, dass „seine Injections-

*) „Studium über den Flüssigkeitswechsel im Auge". Archiv für Ophth. XIX. 2.

versuche — besonders schön die directe Glaskörperinjection, aber auch die subcutane Methode — unzweideutig das wichtige Factum ergiebt", nämlich die oben erwähnte Filtration. Ich will die Protokolle meiner Versuche voranschicken.

4.

Grosses braunes Kaninchen.

Injection von einem Tropfen 10procentiger wässriger Lösung von FeCyK in den Glaskörper jeden Auges. Am linken Auge ist unmittelbar vor der Injection die Hornhaut paracentirt und das Kammerwasser vorsichtig abgelassen. Nach einer Stunde werden beide Augen enucleirt und sofort in 10procentigen Eisenchloridalkohol gelegt. Zuvor wird der Glaskörperraum am hinteren Augenpol eröffnet, um dem Eisenchlorid möglichst raschen Zutritt zum Augeninneren zu verschaffen. Die Augen werden in absolutem Alkohol gehärtet und nach 17 Tagen makroskopisch und mikroskopisch untersucht.

Rechtes Auge: Die noch erhaltene Conjunctiva sieht diffus grünlich blau aus, ebenso die Hornhaut, doch weniger stark als jene; die Färbung nimmt an Intensität nach dem Limbus hin zu. Die Sclera sieht an ihrer ganzen Oberfläche grünlich blau aus, an einzelnen Stellen intensiver gefärbt, besonders stark nach dem Limbus hin. Das Auge wird durch einen Meridionalschnitt geöffnet. Die Linse bleibt ganz und wird in der einen Hälfte von der Zonula abgelöst. Der Glaskörper ist in allen seinen Theilen diffus dunkelblau gefärbt, ebenso die Retina. An der Aderhaut ist makroskopisch nichts abnormes zu sehen. Dicke blaue Glaskörperfetzen hängen der blaugefärbten Linsenkapsel an. Die Zonula sieht in ihrer ganzen Ausdehnung dunkelblau aus. In der hinteren Kammer ist blaue Flüssigkeit, doch kann man makroskopisch weder auf Iris noch Corpus ciliare irgend ein gefärbtes Exsudat nachweisen. In der vorderen Kammer ist eine hellgrün gefärbte flockige Masse, die den Kammerwänden aber nicht adhärirt.

Mikroskopischer Befund: Meridionalschnitte der Sclera zeigen nur an einigen Gefässdurchschnitten eine blaue Färbung, keine grössere Verbreitung der Färbung in das Scleralgewebe hinein. Die Chorioidea erscheint, soweit das Gewebe bei der

starken Pigmentirung und nach der Eisenchloridbehandlung noch deutlich zu sehen ist, diffus blau. Am stärksten gefärbt ist die Netzhaut. Diese sieht in ihrer ganzen Ausdehnung diffus blau aus, in der Nervenfaserschicht und Ganglienzellenschicht etwas dunkler als in den übrigen Schichten. Eine Abhängigkeit der Färbung von den Netzhaut- oder Aderhautgefässen ist nicht erkennbar. Die Ciliarfortsätze sind mit blauem Farbstoff durchtränkt, und ist letzterer namentlich in den Lücken der Schnitte als homogene tiefblaue Masse sichtbar. Auf dem hinteren Irisepithel sind in der ganzen Ausdehnung desselben zahlreiche blaue Auflagerungen. Das Irisgewebe ist zum grössten Theile von blauer Farbe durchdrungen, und zwar sieht man deutlich, wie die Färbung nicht in Gestalt eines einzelnen Streifens quer von hinten nach vorn das Gewebe durchsetzt, sondern in der Gefässlage am stärksten ist und, dem Verlauf der Gefässe folgend, an vielen Stellen bis zum vorderen Rande sich erstreckt. Die Gefässlumina selbst sehen schmutzig braun aus. Die Linsenkapsel ist sammt dem Epithel gleichmässig gefärbt, ebenso die Zonula. Am Aequator erstreckt sich die Färbung eine Strecke weit zwischen den Linsenfasern in die Corticalis hinein. Auf der vorderen Linsenkapsel ist keine aus der hinteren in die vordere Kammer sich fortsetzende blaue Masse zu bemerken. Das Lückengewebe des Fontanaschen Raumes ist schwach, aber diffus blau gefärbt. Die Hornhaut zeigt nur an einzelnen Stellen des Epithels und der Glashaut unregelmässig gestaltete Färbungen; nirgends geht die Färbung in das Hornhautgewebe über; auch in der Peripherie ist das Hornhautgewebe nicht gefärbt; nur an zwei Schnitten sah ich eine von der Kammerbucht ausgehende hellblaue Linie bis in das Hornhautgwebe sich erstrecken und schief nach der Sclera hin umbiegen.

5.

Linkes Auge: (Hornhaut paracentirt.) Die Iris liegt der Hornhaut eng an: kleiner Irisprolaps. Sclera und Reste der Conjunctiva sind gefärbt wie an dem anderen Auge. Die Hornhaut sieht diffus grünblau aus; im Centrum ist die Färbung etwas stärker als in der Peripherie. Das Auge wird durch einen Meridionalschnitt sammt Linse halbirt. Auf der Hinterfläche der Hornhaut mehrere blaue Niederschläge, ebenso auf der Irisvorderfläche und im Pupillargebiet. Sphinkter Iridis

mit der Linsenkapsel total verklebt; bei der Loslösung desselben bleiben Irisreste auf der Linse zurück; doch sieht man hier keinen Uebergang von blauer Masse aus der hinteren in die vordere Kammer. Hintere Kammer mit dunkelblauer Flüssigkeit angefüllt; hintere Irisfläche, Linse, Zonula und Ciliarkörper dunkelblau aussehend. Auf dem Linsendurchschnitt keine Färbung. Glaskörper dunkelblau, besonders im vorderen Theile. Retina ebenfalls dunkelblau gefärbt, mehr als am rechten Auge. Eine Zunahme der Färbung um die Gefässe ist nicht zu constatiren. Die Aderhaut verhält sich wie rechts.

Die mikroskopische Untersuchung liefert fast dieselben Resultate wie am rechten Auge. Nur an Hornhaut und Iris ist eine kleine Abweichung zu constatiren. Das hintere Hornhautepithel und Glashaut zeigen dieselbe Färbung wie rechts, doch ist auch das Hornhautstroma, besonders im Centrum, blau angehaucht; man sieht die Färbung besonders deutlich zwischen den einzelnen Lamellen. Das Irisgewebe zeigt eine entschieden geringere Färbung, als sie am rechten Auge zu sehen war. An einzelnen Stellen, besonders in den hinteren Schichten ist dasselbe stärker gefärbt, während es in den vorderen Lagen und im Pupillargebiet gar keine Färbung hat. Deutliche Filtrationsstreifen sind nicht zu erkennen.

Sämmtliche Theile beider Augen wurden auf Meridionalschnitten untersucht.

Auf welchem Wege ist bei diesen Versuchen das Blutlaugensalz aus dem Glaskörper in die übrigen Augentheile gekommen?

Dass an dem rechten Auge das Blutlaugensalz direct aus dem Glaskörper in die umliegenden Gewebe eingedrungen ist, zeigt die diffuse Bläuung der Netzhaut, Zonula und Linsenkapsel, welche so stark war, wie sie bei subcutaner Injection nie beobachtet wurde. Die Flüssigkeit ist durch den erhöhten Glaskörperdruck durch die umliegenden Membranen mit Gewalt durchgepresst worden. Von der Retina ist die Flüssigkeit in die Aderhaut gedrungen, ist hier von dem Gefässsystem resorbirt und mit dem Säftestrom durch die Sclera weitergeführt worden.

Dafür spricht die diffuse Färbung der Chorioidea, die geringe Färbung der Sclera; in dieser ist die Injectionsflüssigkeit durch die abführenden Gefässe nur flüchtig mit dem umgebenden Gewebe in Berührung gekommen. Nach vorne ist das Blutlaugensalz durch die Zonula hindurchgepresst worden und hat sich nun in der hinteren Kammer ausgebreitet, ist hier vom Corpus ciliare, das beim Kaninchen die hintere Kammer in grösserer Ausdehnung begrenzt, aufgenommen und von dessen Gefässen weggeschwemmt worden. Ein Theil der Flüssigkeit ist auch in die Iris eingedrungen, hat sich hier zunächst in der Gefässschicht verbreitet und ist von den abführenden Gefässen resorbirt worden; ein anderer Theil des Salzes ist durch das Irisgewebe mit dem übrigen Säftestrom in die vordere Kammer durchgedrungen, aber nicht an einem bestimmten Filtrationsort, sondern an verschiedenen Stellen, wie die zahlreichen Punkte an der Irisvorderfläche zeigen. Das vordere Kammerwasser war nur wenig gefärbt, dagegen mehr der Fontanasche Raum, ein Zeichen, dass hier die durch die Iris filtrirte Flüssigkeit rasch abgeflossen ist, ohne sich weiter in der vorderen Kammer zu verbreiten; ich nehme an, dass bei Glaskörperinjection die Filtration durch die Iris nur so lange andauert, als der Glaskörperdruck relativ zum Kammerdruck erhöht ist, während bei subcutaner Injection das Austreten von Blutlaugensalz aus der vorderen Irisfläche so lange vor sich geht, als $FeCyK$ in dem arteriellen Gefässsystem vorhanden ist. Wie die einzelnen Färbungen an Hornhautepithel und Glashaut entstanden sind, dafür habe ich keine sichere Erklärung, vielleicht ist diese Färbung erst eine postmortale Erscheinung, ebenso der blaue Streifen an der Kammerbucht bei den oben erwähnten zwei Schnitten. Dass das Hornhautgewebe selbst gar nicht gefärbt war, selbst nicht einmal so stark wie bei subcutaner Injection, erkläre ich mir so, dass bei subcutaner Injection die zu-

führenden Gefässe des Corneallimbus das Blutlaugensalz enthielten, während nach Glaskörperinjection nur die abführenden Gefässe Fe Cy K von dem Fontanaschen Raume aus erhielten.

Wie sind nun die von den Befunden am rechten Auge abweichenden Ergebnisse am linken Auge, wo vorher die Cornea punctirt war, zu erklären? Es kommt hier besonders in Betracht die stärkere Färbung der hinteren Kammer, die blauen Niederschläge an den Wandungen derselben, die geringere Färbung des Irisstromas, die Färbung im Pupillargebiet und die Färbung der Hornhautlamellen, besonders im Hornhautcentrum. In Folge der Paracentese ist der Druck in der vorderen Kammer aufgehoben, zugleich sinkt der Druck in der hinteren Kammer, indem das hintere Kammerwasser, wie im zweiten Theile der Arbeit noch näher erläutert werden wird, zwischen Iris und Linse nach vorne stürzt, zumal wir hier einen Irisprolaps haben. Dass wir keine Fortsetzung des Pupillarexsudates in die hintere Kammer constatiren konnten, beweist nicht, dass wirklich keine Communication zwischen vorderer und hinterer Kammer im Momente des Wasserabflusses bestanden hat; es ist ja leicht denkbar, das selbst bei einem Irisprolaps die Iris sich wieder so fest an die Linse anschmiegt, dass mit der Ausgleichung der Druckdifferenz zwischen hinterer und vorderer Kammer jede Flüssigkeit weggepresst wird. Da nun der Druck im Glaskörper durch die Injection bedeutend gesteigert ist, so filtrirt Glaskörperflüssigkeit durch die Zonula in die hintere Kammer rasch durch. Dass dies bei Druckunterschieden zwischen Glaskörper und hinterer Kammer wirklich der Fall ist, beweisen die Arbeiten von Deutschmann*) und Leber**). Da nun die durch die Zonula durchfiltrirte

*) Archiv für Ophthalm. XXV I. p. 49.
**) Archiv für Ophthalm. XIX II.

Glaskörperflüssigkeit bedeutenden Gehalt an Eiweiss hat (Deutschmann), so haben wir hier in dem paracentirten Auge die geformten Niederschläge in der hinteren Kammer und in dem Pupillargebiete, während wir sie in dem anderen Auge, wo die Druckdifferenz zwischen Glaskörperraum und hinterer Kammer nicht bestanden hat, ein grösserer Theil der Flüssigkeit seinen Abfluss also schon durch die Chorioidea gefunden hat, in dieser Deutlichkeit nicht haben. Aus demselben Grunde sind in dem linken Auge auch die Wandungen der hinteren Kammer stärker gefärbt als in dem rechten Auge. Woher kommt nun die geringere Färbung des Irisgewebes in dem linken Auge? Die Flüssigkeit dringt nach Punktion der Cornea nicht auf dem Weg der zuführenden Gefässe resp. direct in das Irisgewebe ein, sondern sie fliesst zum grossen Theil durch die Pupille in die vordere Kammer. Dazu kommt, dass nach Paracentesis der Hornhaut sofort eine starke Hyperämie der Iris eintritt — wie man besonders schön an albinotischen Kaninchen wahrnehmen kann — dadurch wird die Wegführung des Blutlaugensalzes aus der hinteren Schicht der Iris, in welcher die meisten Gefässe verlaufen, bei dem beschleunigten Stoffwechsel um so rascher stattfinden. Es kann weniger Injectionsflüssigkeit in die vorderen Irisschichten eindringen. Die Färbung der Corneallamellen findet darin ihre Erklärung, dass die Flüssigkeit durch die Paracentesenwunde in die Hornhautlamellen direct eindringen konnte, während sie bei dem nicht paracentirten Auge vom Epithel zurückgehalten wurde. Daher auch die Färbung des Hornhautgewebes im Centrum, in dessen Nähe sich die Paracentesenwunde befand. Die einzelnen Färbungen in der Epithellage hatten eine so unbestimmte Form und Lage, dass ich auch hier geneigt bin, dieselbe als postmortale Erscheinung aufzufassen.

Fassen wir die Resultate, die wir aus den Versuchen

mit Fe Cy K-Injectionen gefunden haben, nochmals zusammen, so werden dieselben dahin auszusprechen sein:

1) Die den Thieren subcutan injicirte Ferrocyankaliumlösung erscheint schon nach wenigen Minuten in den Blutgefässen des Auges.

2) Ein Fitrationsstrom, welcher in der von Ulrich beschriebenen Form, von den Chorioidalgefässen ausgehend, quer durch Netzhaut, Glaskörper, Zonula Zinni, hintere Kammer, Iris, vordere Kammer bis in die Hornhaut verläuft, ist nicht nachweisbar.

3) Das Fe Cy K tritt aus Corpus ciliare und Iris in die hintere Kammer ein.

4) Von der hinteren Kammer tritt die Flüssigkeit in die Linsenkapsel und durch den Canalis Petiti in die Linsensubstanz selbst ein.

5) Durch die Zonula tritt das Salz in den Glaskörper ein, durchdringt zunächst dessen vordere Schichten, um dann den ganzen Glaskörper zu durchdringen.

6) Ob die Netzhaut von den Netzhautgefässen selbst oder von der Chorioidea her das Blutlaugensalz erhält, liess sich aus obigen Versuchen nicht eruiren; wahrscheinlich ist ersteres der Fall.

7) Zwischen vorderer und hinterer Kammer ist am intacten Auge keine Communication am Pupillarrande nachweisbar.

8) Der Humor aqueus der vorderen Kammer wird von der ganzen Vorderfläche der Iris geliefert; die secernirte Flüssigkeit stammt mit grosser Wahrscheinlichkeit nur aus den Irisgefässen, jedenfalls zum grössten Theile.

9) Das vordere Kammerwasser fliesst durch den Fontana'schen Raum ab.

10) Das Blutlaugensalz dringt nicht auf dem Wege der Filtration direct aus der vorderen Kammer, sondern

von den Gefässschlingen des Corneallimbus in die Hornhaut ein.

11) Bei Injection direct in den Glaskörper und bei erhöhtem Glaskörperdruck dringt das Blutlaugensalz durch die Netzhaut in die Chorioidea ein und wird von den Gefässen derselben resorbirt.

12) Durch die Zonula diffundirt das FeCyK (nach Glaskörperinjection) in die hintere Kammer durch; hier dringt es zum Theil am Linsenäquator in die Linse ein, zum Theil in das Corpus ciliare und in die Rückfläche der Iris, um von den Irisgefässen resorbirt zu werden.

13) Ein Theil der in das Irisgewebe eingedrungenen Flüssigkeit dringt an der Irisvorderfläche in die vordere Kammer ein.

14) Auch bei Injection in den Glaskörper tritt das Blutlaugensalz nicht von der Hornhautrückfläche her in die Hornhaut ein.

II. Theil.

Wie schon oben erwähnt, kann man bei der bisher angewandten Untersuchungsmethode mit Fe Cy K-Injection nicht mit Bestimmtheit sagen, wie weit man es mit postmortalen Processen zu thun hat. Von dem Momente der Enucleation bis zur vollständigen Durchtränkung des Auges mit Eisenchloridalkohol verstreicht eine bestimmte Zeit, in welcher das Fe Cy K im Auge weitere Gewebe durchdringen kann, in die es bis zum Momente der Enucleation nicht gelangt ist, oder im Leben vielleicht überhaupt nicht gelangt wäre. Es erschien deshalb durchaus nothwendig, die von Ehrlich zuerst angewandte und später von Pflüger, Schöler-Uhthoff und Ulrich weiter ausgeführte Methode der Uranininjectionen ebenfalls anzuwenden, um obige Versuchsresultate durch Beobachtungen am lebenden Thiere zu controliren. Da es hauptsächlich darauf ankam, die physiologischen Flüssigkeitsströmungen

im Auge zu untersuchen, so wurde aus den im ersten Theile schon angegebenen Gründen von Injectionen in den Glaskörper und die vordere Kammer abgesehen und nur die subcutane Injectionsmethode in Anwendung gebracht. Als Injectionsmasse diente eine 20procentige wässerige Lösung des unter dem Namen Uranin im Handel vorkommenden Farbstoffes. Derselbe leuchtet in grosser Verdünnung vor dunkelem Hintergrunde in schön grüner Farbe auf, je heller der Hintergrund wird, d. h. je mehr Eigenlicht der hinter der Lösung befindliche Gegenstand besitzt, desto mehr geht die grüne Farbe in Gelb über, um schliesslich vor einem weissen Hintergrunde in schwacher Lösung hellgelb, in starker Lösung braun zu erscheinen und in einer Verdünnung von 1:300,000 vor weissem Hintergrunde sich der gewöhnlichen Beobachtung zu entziehen; vor dunkelem Hintergrunde erscheint der Farbstoff in dieser Verdünnung noch schön grün. Ich kann daher Ulrich nicht beistimmen, wenn er in seiner Erwiderung auf Schöler-Uhthoff behauptet, es eignete sich eine albinotische Iris zu dergleichen Versuchen besser, als eine Pigmentiris; im Gegentheil, es lässt sich das erste Auftreten des Farbstoffes in der vorderen Kammer vor einer schwarzen Pupille und braunen Iris viel besser beobachten, als vor der hellroth aufleuchtenden Pupille und weissen Iris der Albinos; man darf dabei nur nicht die Färbung des Irisgewebes selbst mit Fluorescenz der vorderen Kammer verwechseln. Man kann dies leicht durch folgenden einfachen Versuch zur Anschauung bringen. Nimmt man einem albinotischen Kaninchen, dem man eine Uranininjection gemacht hat, zu einer Zeit, wo der Farbstoff in der vorderen Kammer noch nicht sichtbar, sondern nur eine leichte Gelbfärbung des Irisgewebes selbst eingetreten ist — etwa 5—10 Minuten nach der subcutanen Injection — mit einer Pravaz'schen Spritze das Kammerwasser und injicirt es in die vordere Kammer

eines Pigmentkaninchens oder in ein todtes Ochsenauge, so leuchtet das injicirte Wasser grün auf. Ich benutzte sowohl Kaninchen mit Pigmentiris als auch Albinos zu meinen Versuchen, letztere hauptsächlich deshalb, um Aufschluss über das Auftreten des Farbstoffes im Irisgewebe selbst und in der hinteren Kammer zu erhalten.

Ich führe zunächst die Protokolle der hauptsächlichsten meiner Versuche an.

1.

Graues ausgewachsenes Kaninchen.
Beiderseits braune Iris.

Subcutane Injection von 3 Ccm. 20procentiger wässriger Uraninlösung zu beiden Seiten der Wirbelsäule.

Nach 7 Minuten färbt sich die Conjunctiva palpebr., Nickhaut, Lidränder, Schnauze, einige Minuten später auch die Conjunctiva bulbi gelb, letztere besonders stark über den Ansatzstellen der geraden Augenmuskeln, da, wo die Gefässbildung eine stärkere ist. 12 Minuten nach der Injection bekommt die Corneoscleralgrenze eine grünliche Färbung; doch scheint dieselbe mehr der Bindehaut als der Hornhaut anzugehören und erstreckt sich nur im Bereich der Gefässschlingen; 15 Minuten nach der Injection nimmt der Sphinkter Iridis, zuerst am oberen Pupillarrande 1 Mm. weit in das Irisgewebe hinein, eine leichte grünliche Färbung an; zugleich erscheint in der Mitte des Pupillargebietes eine 1 Mm. breite, schwach grün aufleuchtende senkrechte Linie, welche der Hinterfläche der Hornhaut anzuliegen scheint, da sie, von der Seite betrachtet, eine leichte Convexität nach vorn zeigt. Die Linie ist nur im Pupillargebiet sichtbar und verschwindet nach einigen Sekunden. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich in 3—4 Minuten mehrmals, ohne dass man sagen könnte, woher die Linie ihren Ausgangspunkt genommen hat. Einige Minuten später rückt von der vorderen und hinteren Begrenzung der Pupille ein breites grünes Band gleichmässig nach der Mitte hin vor, sodass die ganze Pupille bis auf eine senkrechte 1 mm breite dunkele Linie in der Mitte der Pupille grün erscheint; nach 2 Secunden ist das Pupillargebiet wieder

vollständig schwarz; kurz darauf erscheinen wieder schmale grüne Streifen, die jedoch nicht alle ihre senkrechte Richtung beibehalten, sondern zum Theil unter einem Winkel von 45° in wechselnder Höhe abbiegen, zum Theil sich in halber Höhe in zwei Linien theilen, welche dann nach verschiedenen Richtungen hinlaufen. Iris und Kammerwasser erscheinen noch vollständig klar. 25 Minuten nach der Injection beginnen die Streifen deutlicher zu werden; am oberen Pupillarrande kann man dieselben bis über den Sphinkter hinaus verfolgen, nach unten verbreitern sie sich in wechselnder Form und sind oft bis zur Kammerbucht sichtbar. Das Auge wird nun mit der Fixationspinzette um 90° rotirt; auch jetzt erscheinen die Linien zum grössten Theile am oberen Pupillenrande, um ihre Richtung vertical nach unten zu nehmen; einige ziehen aber auch in horizontaler und schiefer Richtung quer durch das Pupillargebiet; einige werden sogar nur vor der Iris sichtbar, ohne das Pupillargebiet zu berühren. 35 Minuten nach der Injection sieht letzteres grün-trüb aus, ebenso das Irisgewebe, ohne dass man auf demselben eine grüne Zeichnung wahrnehmen kann. Ansammlung des grünen Farbstoffes in Form eines Hypopyon ist nicht zu constatiren. Bei focaler Beleuchtung mit Tageslicht leuchtet sowohl Hornhaut als Kammerwasser schön grün auf; eine ophthalmoskopische Untersuchung mittelst Lampenlicht ergiebt vollständig klare optische Medien und normalen Augenhintergrund. 45 Minuten nach der Injection, bis zu welchem Zeitpunkte sich die bisher beschriebenen Erscheinungen wiederholten, ist vordere Kammer und Hornhaut diffus grün gefärbt; ob auch die Iris grün gefärbt ist, kann man wegen des grünen Humor aqueus nicht constatiren. Ebensowenig liess sich während der ganzen Beobachtungszeit mit Sicherheit sagen, ob grüne Flüssigkeit hinter dem Sphincter Iridis hervorgekommen ist. Zwei Stunden nach der Injection erscheint bei ophthalmoskopischer Betrachtung mittelst Lampenlicht das Augeninnere normal, während bei Tageslicht eine schwachgrüne Färbung des Gesichtsfeldes bei der ophthalmoskopischen Betrachtung zu constatiren ist. Aeussere Haut, Conjunctiva und Nickhaut sind um diese Zeit wieder vollständig entfärbt. Am anderen Tage, 20 Stunden nach der Injection ist keine Spur von Färbung an dem Thiere zu beobachten. Der Farbstoff wird durch den Urin ausgeschieden.

Mehrere Controlversuche lieferten dieselben Resultate. Nur war ein gewisser Unterschied in der Zeit des Auftretens der Erscheinungen zu bemerken. Letzteres hängt, wie ich später mehrmals beobachten konnte, von dem Alter und Ernährungszustande der Thiere ab. Bei grossen und kräftigen Kaninchen traten die beschriebenen Erscheinungen früher und intensiver auf und verschwanden auch wieder rascher, als bei kleinen und schlecht genährten Thieren.

2.

Weisses Kaninchen ca. $^3/_4$ Jahr alt.

Beiderseits albinotische Iris. Subcutaninjection von 3 ccm Uraninlösung.

Nach 7 Minuten färbt sich Conjunctiva und Nickhaut gelb, erstere besonders über den geraden Augenmuskeln. Nach 10 Min. sind die Lidränder gelb geworden. Nach Wegpräpariren der Bindehaut sieht die Sclera grünlich gelb aus. Nach 17 Minuten tritt am oberen Pupillenrande eine gelbe Färbung auf; zu gleicher Zeit färbt sich der Cornealrand im Bereich der Gefässschlingen gelblich. Nach 25 Minuten ist der Sphincter Iridis intensiv gelb gefärbt; es treten im Pupillargebiete ganz schwach sichtbare grüne Streifen auf, ähnlich den in Vers. 1 beschriebenen grünen Linien. Nach 30 Minuten hat sich die gelbe Färbung des Sphinkterrandes in das Irisgewebe hinein verbreitet, ohne jedoch dessen Mitte zu erreichen. In der Irisperipherie erscheint von der Kammerbucht ausgehend eine 2 mm breite intensiv grün gefärbte Linie, welche centralwärts eine scharfe Genze hat. Streicht man mit dem Schielhaken vom Limbus corneae her nach dem Centrum hin, so treten im Pupillargebiet grüne Massen auf, welche hinter der Iris hervorzukommen scheinen; betrachtet man jedoch dieselben genauer bei schiefer Beleuchtung von der Seite, so sieht man deutlich, wie dieselben vor der Iris herkommen, bei Nachlass des Druckes wieder vor die Iris zurückweichen, und hier, da sie vor dem hellgelben Irisgewebe nur äusserst schwer zu sehen sind, bei oberflächlicher Betrachtung zu verschwinden scheinen. Der an der Hinterfläche der Hornhaut sich herabsenkenden sogenannten Ehrlich'schen Linie

(sie wurde von Ehrlich zuerst beobachtet) kann man durch Druck auf die Hornhaut mit dem Schielhaken eine beliebige Richtung geben. Nach 40 Minuten ist die ganze Iris intensiv gelb gefärbt. Bei focaler Beleuchtung fluoreszirt sowohl Kammerwasser als Hornhaut grünlich gelb. Die gelbe Färbung der Iris ist auch bei Lampenlicht zu erkennen; der periphere grüne Ring ist noch eine Stunde lang sichtbar, obwohl um diese Zeit die ganze vordere Kammer intensiv grüngelb gefärbt ist. Ophthalmoskopisches Bild klar. Nach 2½ Stunden ist äussere Haut, Bindehaut und Sclera vollständig entfärbt. Die vordere Kammer sieht noch gelblich aus. Nach 10 Stunden ist an beiden Augen keine Färbung mehr zu constatiren.

Auch diesem Versuche folgten mehrere Controlversuche mit demselben Resultate.

Es kann nach diesen Versuchen keinem Zweifel unterliegen, dass das Uranin, nachdem es im Unterhautzellgewebe resorbirt ist, von den Blutgefässen den verschiedenen Augentheilen zugeführt wird; denn an den blutreichen Stellen, Lidränder, Bindehaut, Sphinkter Iridis, Corneallimbus tritt die Färbung am frühesten auf, um hier auch wieder am ersten zu verschwinden, während sie in Kammerwasser und Hornhaut erst später sichtbar wird. Die oben beschriebenen Streifen im Pupillargebiet sind als der Ausdruck des ersten Auftretens von Uranin in der vorderen Kammer aufzufassen. Doch woher nehmen die Streifen ihren Ausgangspunkt? Die Anschauung Ehrlich's von dem Flüssigkeitswirbel, der von zwei auf der Irisoberfläche bestimmt localisirten Secretionscentren ausgehe, wurde schon von Ulrich widerlegt, welcher durch passende Raddrehung des Auges bewies, dass die Gestalt und Richtung der Ehrlich'schen Linie von den Gesetzen der Schwere abhängig ist. Ich wiederholte den Versuch Ulrich's mehreremals und kam zu demselben Resultate.

Einer Täuschung, der man durch eine vom Thiere selbst in entgegengesetztem Sinne ausgeführte Raddrehung ausgesetzt wird, und welche, wie schon Ulrich zeigte,

Ehrlich zu seiner Anschauung verleitete, kann man leicht dadurch vorbeugen, dass man nicht den ganzen Kopf des Thieres dreht, sondern den Bulbus selbst in der Orbita mit einer Pincette rotirt. Schöler und Uhthoff, welche die Ehrlich'sche Linie ihren Ausgangspunkt nur am Sphinkter Iridis haben nehmen sehen, stellen den Satz auf (l. c. S. 62): „Es besteht demnach kein Abschluss zwischen vorderer und hinterer Kammer unter normalen Verhältnissen für Flüssigkeitsmengen, sondern treten dieselben gerade ausschliesslich hinter der Iris hervor." Ich habe nie am intacten Auge gefärbte Flüssigkeitsmengen hinter der Iris hervorkommen sehen; Schöler und Uhthoff mögen dadurch zu ihrer Auffassung gekommen sein, dass die grünen Linien, wie auch meine Versuche zeigten, am ersten und am deutlichsten sichtbar sind vor der dunkleren Pupille, sowohl bei brauner als auch bei albinotischer Iris. Allerdings habe ich die ersten ganz schwach gefärbten Streifen auch nicht über den Sphinkterrand hinaus verfolgen können; aber daraus kann man nicht den Schluss ziehen, dass sie hinter dem Sphinkter hervorkämen. Die Färbung kann so durchsichtig sein, dass man sie vor der helleren Iris nicht gewahrt (vergl. S. 29), oder der Streifen kann auch aus dem Sphinkter selbst aufsteigen, eine Anschauung, welche später noch Erwähnung finden wird. Dass die später auftretenden und intensiver gefärbten Linien nicht hinter der Iris hervorkommen, lehrt die directe Anschauung; besonders deutlich geht dies aus dem Experiment mit dem Schielhaken hervor.

Ulrich, welcher das Entstehen der grünen Färbung ebenfalls zuerst vor der Iris und nicht vor der Pupille beobachtet hat, bringt diese Erscheinung mit seiner Filtrationstheorie in Verbindung und sagt, die grüne Flüssigkeit werde zum Theil allerdings von den Irisgefässen abgesondert, zum grossen Theil aber sei sie Folge der Strömung, welche aus dem Glaskörper durch die Zonula

durchgehe, in der hinteren Kammer als ringförmige Zone auf die Iris treffe und durch diese mechanisch durchfiltrire. Ist diese Anschauung richtig, so muss die grüne Farbe bei ihrem ersten Auftreten vornehmlich in einer ringförmigen Zone, welche der Stelle zwischen Linse und Corpus ciliare entspricht, auch auf der Irisvorderfläche sichtbar werden. Um dies festzustellen, musste man eine Methode anwenden, welche das Auftreten des Farbstoffes in der vorderen Kammer beobachten liess, ohne dass die Schwerkraft gleich beim ersten Erscheinen der Farbe, dieselbe von ihrem Ausgangspunkte wegnimmt. Zu diesem Zwecke stellte ich noch folgende Versuche an.

3.

Graues Kaninchen. 1 Jahr alt.

Braune Iris. Subcutaninjection von 4 Ccm. Uraninlösung.

Das Kaninchen wird so gelagert, dass der Aequator des Auges in der horizontalen Ebene liegt. Der Bulbus wird durch Zurückhalten der Lider vor jedem Druck geschützt und mit der Pinzette fixirt. Nach 6 Min. tritt die bekannte Färbung von äusserer Haut, Schleimhaut und Sclerallimbus auf; nach 10 Min. bemerkt man eine ganz leichte gleichmässige grüne Färbung des Sphinkter Iridis; nach 12 Min. werden zerstreut über die ganze Irisvorderfläche einige grüne Punkte im Gewebe derselben sichtbar. Dieselben bestehen in einer Grünfärbung der grauen von Pigment relativ freien Stellen zwischen dem pigmentreicheren Gewebe, wie sie in jeder braunen Kaninchenіris gesehen und sowohl in den Vertiefungen als auch auf den erhöhten Riffen der Irisoberfläche angetroffen werden. Einige Minuten später werden die grünen Punkte zahlreicher; es sind meist $^1/_2$—1 Mm. lange grüne Striche, welche zum grössten Theile eine concentrische Anordnung haben, zum Theil aber auch in radiärer Richtung stehen, sodass die Iris ähnlich aussieht, als wenn sie mit grünen feinen Fäden durchflochten wäre. Allmählich färben sich die Punkte intensiver; 15 und 20 Minuten nach der Injektion sieht man über einigen derselben grüne Wölkchen, welche sich mehr und

mehr ausbreiten und in den Vertiefungen des Gewebes sich ansammeln. Bei Bewegung der Iris sieht man hier und da eins der Wölkchen gegen die Hornhaut aufsteigen, nach dem Centrum hinziehen und über der Pupillenmitte sich auflösen. Die grünen Punkte sind über die ganze Vorderfläche der Iris verbreitet; nur der Sphinkterrand erscheint frei von denselben. 25 Minuten nach der Injection ist die Peripherie der Iris von einem grünem Bande bedeckt; 5 Minuten später fluoreszirt das gesammte Kammerwasser und die Hornhaut; viele der grünen Punkte sind zusammengeflossen. Das Irisgewebe ist mit grünem Farbstoff bedeckt. Die folgenden Erscheinungen sind dieselben wie in Versuch 1 und 2.

Dieser Versuch mehrmals wiederholt, auch bei luxirtem Bulbus, lieferte stets dasselbe Bild, nur konnte ich nicht immer das Aufsteigen der Wölkchen gegen die Hornhautmitte beobachten, wohl aber immer eine Verbreitung des Farbstoffes, von den Punkten ausgehend, in der vorderen Kammer und Ansammlung desselben in der Kammerbucht.

4.

Albinotisches ausgewachsenes Kaninchen.

Subcutane Injection von 4 Ccm. Uraninlösung.

Das Auge wird beobachtet, während der Aequator desselben in verticaler Ebene liegt. Nach 5 Minuten Färbung der Bindehaut; nach 8 Minuten Färbung des Sphinkter Iridis; nach 10 Minuten Färbung des Corneallimbus. Der Sphinkter Iridis hat in einer Ausdehnung von 1 Mm. eine grünlich braune Färbung angenommen, ohne dass man im Pupillargebiet eine Spur von Färbung beobachten kann. Nach 15 Minuten zeigen sich auch im übrigen Irisgewebe einige grüngelbe Punkte. Nach 25 Minuten erscheint im Pupillargebiet eine senkrecht verlaufende grüne Linie, welche nach 3 Sec. wieder vollständig verschwindet. Ein Verfolgen der Linie jenseits der Pupille über der Iris ist nicht möglich; die Linie scheint der Cornea anzuliegen und tritt wiederholt in wechselnder Form in Zwischenräumen von 2—3 Minuten auf. Nach 30 Minuten leuchtet der auftretende Farbstoff intensiver grün, und man kann die Linien nach oben über den Sphinkter hinaus verfolgen; eine Linie sieht man deutlich an der Grenze zwischen Sphinkter und dem übrigen noch heller aussehenden

Gewebe aus der Iris hervorkommen, zu gleicher Zeit sieht man vor dem Irisgewebe in der nasalen Hälfte des Auges eine Linie senkrecht verlaufen, welche das Pupillargebiet gar nicht berührt. Nach 30 Minuten ist ein $1^1/_2$ Mm. breites grünes Band in der Irisperipherie zu sehen, während das übrige Gewebe gelb erscheint, ohne dass man eine Zeichnung wie bei Versuch 3 erkennen könnte, doch erscheinen die hohen Riffe auf dem peripheren grünen Bande noch weisslich, während die Vertiefungen stärker grün gefärbt sind. Die centrale Begrenzung der peripheren grünen Zone bildet keine scharfe Linie, sondern es gehen von derselben kleine grüne Spitzen centralwärts in das weniger gefärbte Gewebe hinein. Die Färbung der Kammerbucht und der Iris ist den Ansatzstellen der geraden Augenmuskeln entsprechend am stärksten, besonders unter der des m. rect. sup. Diese stärkere Färbung bleibt auch bestehen bei einer Rotation des Auges um 90°; die noch immer auftauchenden Ehrlich'schen Linien sieht man bei dieser Stellung des Auges zum Theil annähernd horizontal ziehen, während die meisten senkrecht bleiben. Nach $^3/_4$ Stunden nimmt die Färbung des Sphinkter an Intensität ab, während die Peripherie der Iris noch eine grüne Zone bildet; allmählich werden auch diese Partien heller. Die übrigen Erscheinungen sind dieselben wie bei Versuch 3.

Die Versuche 3 und 4 sprechen mit Bestimmtheit dafür, dass der grüne Farbstoff nicht ausschliesslich hinter dem Sphinkterrand hervorkommt, sondern, wie man direct sah, von der ganzen vorderen Irisfläche stammt. Zur Erklärung der grünen Punkte auf der Irisvorderfläche kann man annehmen, dass der Farbstoff entweder von der hinteren Kammer in das Irisgewebe eindringt, oder, von den Irisgefässen selbst aus das Gewebe durchdringt, um nach vollständiger Durchtränkung desselben zunächst an den von dunkelem Pigmentepithel nicht bedeckten grauen an Bindegewebe reicheren Stellen an der Vorderfläche der Iris sichtbar zu werden. (Conf. I. Theil S. 13.) Von hier ausgehend sammelt er sich in den Vertiefungen an, um dann bei Bewegungen der Iris mit den Fluctuationen des Humor aqueus sich in der vorderen Kammer gegen die

Hornhaut hin zu verbreiten und an der Rückfläche derselben bei ihrer kugelförmigen Krümmung zum Hornhautcentrum hinzulaufen. Zum Theil aber fliesst der Farbstoff in den Rinnen der Irisvorderfläche nach der Kammerbucht, welche bei horizontaler Lage des Augenäquators tiefer liegt als der Sphinkter, und bildet durch Ansammlung in derselben den grünen Ring. Anders ist die grüne Zone in der Irisperipherie bei Versuch 4 zu deuten; hier kann sich das Uranin wegen der verticalen Stellung des Auges nicht in der Weise in der Kammerbucht ansammeln wie bei Versuch 3. Die grüne Zone in Versuch 4 entsteht durch ein Durchleuchten des stark gefärbten hinteren Kammerwassers durch die durchsichtige albinotische Iris. Die Grenze gegen die Irismitte hin ist die Linie, wo die Iris an die Linse herantritt, die vorspringenden grünen Spitzen, die Vertiefungen auf der Irisrückfläche, in welche der Farbstoff zwischen Iris und Linse eingedrungen ist. Dass die grünen Punkte auf der Irisvorderfläche hier nicht so deutlich zu sehen waren wie bei Versuch 3, rührt einestheils von der diffusen Gelbfärbung der albinotischen Iris, anderntheils von der Stellung des Auges her, bei welcher der aus der Iris ausdringende Farbstoff sofort nach unten abfloss. Doch konnte man durch Versuch 3, einmal auf die Punkte aufmerksam gemacht, auch bei Versuch 4 einige beoachten. Aber woher kommt es, dass sowohl bei der braunen wie bei der albinotischen Iris der Sphinkter stets zuerst grün gefärbt ist, dass die zuerst erscheinenden Erlich'schen Linien stets nur vom Sphinkter auszugehen scheinen? Während in dem übrigen Irisgewebe der Farbstoff von der hinteren Gefässlage ausgehend erst das ganze Irisgewebe durchdringen muss, um an die Vorderfläche zu gelangen, kann er in dem an Bindegewebe armen und fast nur aus Gefässschlingen und Muskelgewebe bestehenden Sphinkter direct und früher an die Vorder-

fläche gelangen, als in den übrigen Irispartien. Dieser Umstand scheint mir dafür zu sprechen, dass der auf der Iris erscheinende Farbstoff den Irisgefässen und nicht der hinteren Kammer entstammt, zumal der Sphinkter grösstentheils mit der Hinterkammer gar nicht in Berührung steht, sondern der Linse aufliegt.

Weiter wäre zu erklären, weshalb sowohl Irisgewebe als Kammerwasser den Ansatzstellen der mm. recti sup. und inf. entsprechend stärker gefärbt sind, weshalb ferner manche der E. Linien auch bei Rotation des Auges um 90° dennoch ihren Weg nach diesen Stellen hinnehmen. Es dürfte hier in Betracht kommen, dass an diesen Stellen des Scleralbordes die Gefässbildung eine stärkere ist, als an anderen Stellen und so einem vermehrten Abfluss des Kammerwassers Vorschub leistet; in Folge dessen findet in der vorderen Kammer eine Strömung nach diesen Stellen hin statt. Um jedoch ganz sicher zu sein, dass am intacten Auge keine Flüssigkeit hinter dem Irisrand hervordringt, dass nicht, wie Schöler und Uhthoff behaupten, eine Communication zwischen vorderer und hinterer Kammer am Pupillenrande besteht, wurde noch folgender Versuch angestellt.

5.

Braunes ausgewachsenes Kaninchen.

Dort, wo fast in allen Versuchen die erste Grünfärbung an der Iris sichtbar wurde, am oberen Pupillarrande, wurde ein breites Colobom so angelegt, dass nur der Sphinkter Iridis weggenommen wurde und die periphere Colobomgrenze der Linse noch auflag.

Nach 14 Tagen subcutane Injection von 3 ccm Uraninlösung. Der Augenäquator steht vertical, das Colobom nach oben. Nach 10 Minuten tritt die bekannte schwache Grünfärbung des gesammten Sphinkterrandes auf, während der periphere Rand des Coloboms und dieses selbst ungefärbt bleibt. Nach 15 Minuten wird die erste E. Linie sichtbar,

welche, an der vorderen Spinkterecke des Coloboms beginnend, sich nach unten senkt. Bald folgt eine 2. und 3. Linie in den Seitentheilen der Pupille. Erst nach 18 Minuten zieht eine grüne Linie durch das Colobom senkrecht nach unten. Dieselbe beginnt jedoch nicht am Colobomrand, sondern nimmt ihren Ausgang deutlich sichtbar aus dem Irisgewebe über dem Colobom.

Dass in diesem Versuche die ersten grünen Linien nicht aus dem Colobom, sondern neben demselben am Irisrande sichtbar wurden, spricht für die Ansicht, dass die ersten Linien stets aus dem Sphincter Iridis kommen; dort, wo in den früheren Fällen stets die erste Grünfärbung aufgetreten war, fehlte in diesem Versuche der Sphinkter; käme der grüne Farbstoff hinter der Iris her, so hätte er in diesem Versuche erst recht zuerst in dem Colobom sichtbar werden müssen. Wir bemerkten in dem Colobom aber erst nach 18 Minuten eine senkrechte Linie, die deutlich sichtbar ihren Ausgangspunkt aus der Iris über dem Colobom nahm.

Nach allen diesen Versuchen muss man mit Bestimmtheit annehmen, dass am intacten Auge

1. der Humor aqueus nicht zwischen Iris und Linse hervorkommt, sondern von der Irisvorderfläche abgesondert wird;

2. dass die Absonderung nicht an eine bestimmte Filtrationszone gebunden, sondern über die ganze Irisvorderfläche verbreitet ist;

3. dass die erste Absonderung stets von der Gegend des Sphinkter Iridis ausgeht.

Allerdings scheinen gegen die unter 1 ausgesprochene Anschauung manche klinische Beobachtungen zu sprechen wie z. B. die intraoculare Drucksteigerung im hinteren Bulbusabschnitt nach vollständiger Verklebung des Sphinkterrandes mit der Linse und die damit verbundene trichterförmige Verbuchtung der Iris. Wie diese Er-

scheinungen zu erklären sind, ob mit der Verklebung des Sphinkterrandes functionelle oder anatomische Veränderungen im Irisgewebe auftreten, welche eine Secretion des Humor aqueus behindern, darüber müssen spätere Untersuchungen Aufschluss geben. Ich konnte durch die oben mitgetheilten Versuche keine offene Communication zwischen vorderer und hinterer Kammer am Pupillarrande nachweisen.

Anders verhält es sich mit der Regeneration des vorderen Kammerwassers nach Punktion der Hornhaut. Schöler-Uhthoff sowohl als auch Ulrich stellten in dieser Richtung Versuche an, und stimmen dieselben darin überein, dass nach Punktion der Hornhaut, mag dieselbe vor oder nach der Injection ausgeführt sein, grüne Massen am Pupillarrande erscheinen, welche sowohl ihrem Aussehen als der Art ihres Auftretens nach sich wesentlich von den bei unverletztem Auge in der vorderen Kammer auftretenden Farbstoffmassen unterscheiden. Schöler und Uhthoff sind der Ansicht, dieselben kämen hinter dem Sphinkter Iridis aus der hinteren Kammer hervor, während Ulrich dieselben aus den durch Aufhebung der vorderen Kammer bedeutend erweiterten Gefässen des Pupillarrandes austreten lässt.

Die Versuche mit FeCyK-Injectionen gaben nur einen negativen Beweis, indem keine Fortsetzung des blauen Pupillarexsudates in die hintere Kammer beobachtet werden konnte. Ich stellte daher noch folgende Versuche an.

6.

Grosses graues Kaninchen.

Subcutane Injection von 4 ccm Uraninlösung. Es treten zunächst dieselben Erscheinungen auf, wie sie bei Versuch 1 und 2 beschrieben sind. Nach ½ Stunde fluoreszirt Hornhaut und Kammerwasser stark grün. Das Auge bleibt in seiner

natürlichen Lage, während die Hornhaut mit dem Lineurmesser im Centrum 2 mm weit durchschnitten wird. Vollständiger Abfluss des grünen Kammerwassers. Die Iris liegt der Hornhaut dicht an und erscheint wieder braun; nur an den bei Versuch 3 und 4 erwähnten Stellen und in den Vertiefungen des Irisgewebes bleibt grüner Farbstoff zurück. Am oberen Pupillarrande erscheinen sofort einige grüne Punkte, welche bald grösser werden und sich als dicke grüne Wolken rasch vor dem Pupillargebiet hersenken, um sich in Form eines Hypopyon in der unteren Kammerbucht anzusammeln. Drei Minuten später dieselbe Erscheinung. Bei jeder Lidbewegung treten grüne Wolken vom Pupillarrande her gegen die Pupillenmitte hin vor, doch nicht immer von oben, sondern auch von der Seite her. Streicht man mit dem Schielhaken auf der Hornhaut vom Limbus her nach dem Centrum hin, so brechen stärkere grüne Massen vom Pupillarrande in der Richtung des Streichens vor, ohne dass man mit Bestimmtheit sagen könnte, ob dieselben aus dem Sphinkter heraus oder hinter demselben hervorkommen; jedenfalls erscheinen sie nur am Pupillenrande und unterscheiden sich wesentlich von den Farbstoffmengen, welche im unverletzten Auge in der vorderen Kammer erscheinen. Sie sehen heller und dichter aus als die sogenannten Ehrlich'schen Linien, so dicht, dass sie oft das hinter denselben befindliche Irisgewebe nicht deutlich erkennen lassen und senken sich rascher zu Boden als jene, sind also von höherem spec. Gewichte. In der Kammerbucht angelangt, werden sie weniger rasch resorbirt, da sie sich einem Hypopyon ähnlich hier ansammeln, was ich am unverletzten Auge nie beobachtet habe. Nach $^1/_2$ Stunde hat sich die vordere Kammer wieder hergestellt. Hornhaut und Kammerwasser sind so stark grün gefärbt, dass man die Pupille kaum erkennt. Nach Abfluss des Wassers liegt die braune ungefärbte Iris der Hornhaut dicht an. Es treten keine grüne Massen mehr am Pupillarrande hervor, auch lassen sich solche nicht mehr durch Drücken und Streichen auf der Hornhaut hervorbringen. Nur in den Vertiefungen der Iris und am Pupillenrande bleibt leichte Grünfärbung zurück. Nach 24 Stunden ist jede Grünfärbung der Hornhaut und vorderen Kammer verschwunden.

7.

Albinotisches Kaninchen.

Subcutane Injection von 4 ccm Uraninlösung. Nach ¾ Stunden wird die vordere Kammer durch Paracentesis corneae aufgehoben. Das Auge bleibt in seiner natürlichen Lage. Direct nach der Paracentese kommen am oberen und unteren Pupillarrande grüne Punkte hervorgequollen, welche jedoch bald wieder verschwinden; einige senken sich vor der Pupille her nach unten und sammeln sich in der Kammerbucht an. Die Masse scheint weniger intensiv gefärbt zu sein und ist weniger sichtbar als in Versuch 6 an dem grauen Kaninchen. Bei der geringsten Lidbewegung ist das Hervorquellen der grünen Massen am ganzen Pupillenrande stärker: von allen Seiten stürzen dieselben hervor und ziehen in unregelmässiger Form nach unten. 1 Minute später ist das ganze Pupillargebiet grün gefärbt. Die Iris liegt noch zum grossen Theile der Hornhaut an; sie zeigt eine radiäre grüne Streifung (oben mehr als unten), die zwischen diesen Streifen liegenden helleren Irispartien sehen gelb aus; nach ½ Stunde ist die vordere Kammer wieder hergestellt und sammt Hornhaut stark grün gefärbt. Die Färbung hindert die ophthalmoskopische Betrachtung des Augeninneren gar nicht.

Diese Versuche an noch vier anderen Thieren wiederholt lieferten mit einigen unwesentlichen Abweichungen dieselben Resultate. Stets traten dieselben intensiv gefärbten Massen theils als einzelne Punkte, theils als eine dicke grüne Wolke am Pupillarrande hervor, meist in dessen oberen Hälfte; aber nie konnte man mit Bestimmtheit beobachten, woher die Massen kamen; nur in einem Falle glaube ich deutlich gesehen zu haben, dass dieselben hinter der Iris hervorbrachen. Es war bei seitlicher Paracentese der Hornhaut und raschem Wasserabfluss ein nicht unbedeutender Irisprolaps entstanden; sofort stürzten dicke grüne Massen an dem dem Prolaps entsprechenden Sphinkterrand hervor, welche hinter der Iris hervorzukommen schienen; doch als es mir gelang, in einem anderen Falle absichtlich einen Prolaps zu erzeugen, blieb die Erscheinung aus.

Dass die nach Paracentese der Hornhaut am Pupillenrande auftretenden Farbstoffmassen nicht identisch sind

mit den beim unverletzten Auge als E-Linie erscheinenden, lehrt der blosse Anblick. Vergl. S. 42).

Nach Schöler bilden erstere in der vorderen Kammer Faserstoffgerinnsel, während das normale Kammerwasser dies nie thut. Nach Grünhagen und Jessner enthält das normale hintere Kammerwasser Eiweissstoffe, und nach Deutschmann*) enthält das an der Leiche aus der hinteren Kammer regenerirte vordere Kammerwasser bedeutenden Eiweissgehalt. Dieser Umstand sowohl, als auch die directe Beobachtung von Versuch 6 und 7 scheinen mit grosser Wahrscheinlichkeit dafür zu sprechen, dass der Humor aqueus nach Paracentese der Hornhaut direct aus der hinteren Kammer zwischen Iris und Linse hervorbricht; der Beweis dafür ist jedoch damit noch nicht sicher erbracht. Es wäre ja denkbar, dass bei der grossen Hyperämie der Iris nach Paracentese der Hornhaut das von den Irisgefässen stammende und rascher als unter normalen Verhältnissen austretende Kammerwasser eine andere Beschaffenheit hätte. Ferner dürfen wir aus rein theoretischen Gründen annehmen, dass, wie Ulrich**) zu beweisen sucht, bei einem plötzlichen Druckunterschiede zwischen Glaskörperraum und hinterer und vorderer Kammer die Linse mit Iris nach vorne rückt und der unter normalen Verhältnissen bestehende Abschluss zwischen hinterer und vorderer Kammer durch die Hornhautparacentese nicht aufgehoben wird, dass die betreffenden grünen Massen doch, wie Ulrich annimmt, den Sphinktergefässen entstammen.

Diese Erwägungen gaben noch zu folgenden Versuchen Veranlassung:

---

*) Archiv für Ophthalm. XXV. 1. Zur Regeneration des Humor aqueus nach Entleerung desselben aus der vorderen Kammer.

**) Archiv für Ophthalm. XXVI. 3. p. 47.

8.

Albinotisches Kaninchen.

Subcutane Injection von 3 Ccm. Uraninlösung. Nachdem das erste Auftreten des Farbstoffes beobachtet ist, wird nach 25 Minuten, während der Bulbus mit der Pinzette fixirt und sorgfältig vor jedem äusseren Drucke geschützt wird, die Hornhaut paracentirt und das Kammerwasser langsam abgelassen. Die gelbe Iris legt sich allmählich der Hornhaut an. Nur in den Vertiefungen des Irisgewebes und am Pupillarrande bleibt grüne Flüssigkeit zurück. Nach 10 Minuten ist die vordere Kammer wieder mit durchsichtigem grünen Wasser gefüllt, ohne dass die bekannten grünen Wolken am Pupillarrande aufgetreten wären. An einigen Stellen bemerkt man deutlich, wie die grüne Flüssigkeit aus der Vorderfläche der Iris hervorkommt. Erst nachdem das Wasser von neuem abgeflossen ist, treten bei seitlichem Druck und Streichen auf der Hornhaut dickere Wolken am Pupillarrande auf. Nach einer Stunde ist eine genaue Beobachtung wegen zu starker Grünfärbung aller sichtbaren Gewebe nicht mehr möglich. Die Hyperämie der Irisgefässe war dieselbe wie in früheren Versuchen.

Dieser Versuch liefert den Beweis, dass auch nach Paracentese der Hornhaut die Vorderfläche der Iris an der Regeneration des Humor aqueus nicht unbetheiligt ist, dass sich das vordere Kammerwasser vielmehr rasch regeneriren kann, ohne dass jene dicken grünen Wolken am Irisrande erscheinen. Dass ich in den früheren Versuchen die grüne Flüssigkeit nicht aus der Iris habe kommen sehen, wird dadurch erklärlich, dass die am Pupillenrande hervorbrechenden grünen Massen das Gesichtsfeld der Iris verdeckten. Noch viel deutlicher trat obiger Befund an folgendem Versuche zu Tage.

9.

Grosses weisses Kaninchen.

Subcutane Injection von 4 Ccm. Uraninlösung. Nach 35 Minuten fluoreszirt Hornhaut und Humor aqueus grün;

Iris gelb; in der Peripherie derselben die früher beschriebene grüne Zone von 2 Mm. Breite. Der Bulbus wird luxirt und so fixirt, dass der Aequator horizontal steht. Alsdann wird vorsichtig das Kammerwasser langsam abgelassen. Die Iris liegt der Hornhaut an; sie ist gelb gefärbt. Das vorher grün fluoreszirende Pupillargebiet wird momentan roth, nur in seiner Peripherie bleibt ein schmaler grüner Ring; ebenso bleibt grüne Flüssigkeit in den Vertiefungen der Irisoberfläche zurück. Allmählich beginnt der grüne Ring am Sphinkterrand breiter zu werden und füllt schliesslich die ganze Pupille aus. Auch vor der Iris sammeln sich grüne Massen und nach 8 Minuten ist die vordere Kammer wieder hergestellt. Dichte grüne Wolken werden am Pupillarrande nicht beobachtet, ebensowenig werden sie durch Streichen auf der Hornhaut und Drücken gegen den Bulbus erzeugt. Selbst Eingehen mit dem Schielhaken durch die Hornhaut zwischen Iris und Linse in die hintere Kammer, also künstliche Herstellung einer offenen Communication zwischen vorderer und hinterer Kammer, lässt keine grünen Wolken am Sphinkterrande erscheinen, obwohl das grüne Band in der Irisperipherie, welches ich als ein Durchleuchten des starkgefärbten hinteren Kammerwassers auffasse (vergl. S. 38), noch zu sehen ist.

Man muss sich bei diesem Versuche wohl hüten, die grünen Flüssigkeitsmengen, welche sich durch Druck auf die Hornhaut in der vorderen Kammer hin und her bewegen und vor der dunklen Pupille viel mehr sichtbar sind, als vor der hellgelben Iris, als am Pupillarrande erst erscheinend zu betrachten. Genaue Beobachtung mit focaler Beleuchtung wird leicht vor diesem Irrthum schützen. Der gleich im Anfang am Pupillarrande erscheinende grüne Ring ist der Ausdruck von Flüssigkeitsansammlung in dem prismatischen Hohlraum, welcher nothwendig zwischen Hornhaut, Linse und Sphinkter Iridis zurückbleiben muss, wenn der Linsenpol und Iris der Hornhaut fest anliegen. Das stetige Breiterwerden desselben mit Zunahme des Kammerwassers bestätigt diese Anschauung. Weder an Farbe noch an Gestalt gleicht dieser Ring den

früher beschriebenen, am Pupillarrande hervorbrechenden Massen.

Der gleiche Versuch 25 Minuten später am anderen Auge des Thieres ausgeführt, bestätigte diese Beobachtung. Ein dritter Versuch an einem Auge mit brauner Iris vorgenommen, gab dasselbe Resultat. Hier liess sich vor der dunkeln Iris besonders schön das Hervortreten des Uranins aus dem Irisstroma beobachten; allerdings brachen an diesem Auge jene grünen Wolken auch bei horizontaler Lage des Aequators hervor, als ich mit dem Schielhaken die Iris lüftete und einen seitlichen Druck auf den Bulbus ausübte; vielleicht deshalb, weil durch die zu starke mechanische Reizung des Corpus ciliare die Secretion eine abnorm starke geworden war. Die Versuche 6—9 lehren, dass nach Hornhautparacentese in Folge gemeinsamen Vorrückens von Iris und Linse, der Sphinkter sich nicht von der Linse abhebt und keine Communication zwischen vorderer und hinterer Kammer entsteht; entstände diese, so müsste doch, da durch die Paracentese der Druck in der vorderen Kammer momentan sinkt, das Wasser aus der hinteren Kammer in die vordere vorstürzen, was bei einem Theil der Versuche sicherlich nicht der Fall war.

Wir müssen daher annehmen, dass nach der Hornhautparacentese die Iris entweder durch den äusseren Luftdruck, unter dessen directer Einwirkung der Druck in der vorderen Kammer bei offener Hornhautwunde ja steht, oder durch die Spannung der Sclera und Iris selbst so fest gegen die Linse angedrückt wird, dass keine Flüssigkeit hinter derselben hervordringen kann. Nur dann, wenn das Kammerwasser so rasch abfliesst, dass Iris und Linse nicht rasch genug nach vorn rücken können, oder wenn durch Irisprolaps oder andere künstliche Mittel die Iris von der Linse abgehoben wird, dringt das hintere Kammerwasser entweder durch sein eigenes Schwergewicht von oben her, oder durch künstlichen Druck von der Seite her

durch die Pupille in die vordere Kammer vor. Dass in Versuch 9 selbst dann, als ich mit dem Schielhaken die Iris lüftete, das hintere Kammerwasser nicht in die vordere Kammer vorstürzte, ist dadurch zu erklären, dass bei der horizontalen Lage des Augenäquators der Inhalt der hinteren Kammer durch seine eigene Schwere zurückgehalten wurde.

Wenn durch obige Versuche zwar bewiesen ist, dass nach Hornhautparacentese unter gewissen Bedingungen das Wasser der hintern Kammer in die vordere hinter dem Pupillenrande hervorstürzt, so bedarf es noch der Erledigung der Frage, ob nicht vielleicht doch zum Theil der hervorstürzende Humor aqueus, wie Ulrich meint, den Sphinktergefässen entstammt. Obwohl in vielen Fällen nach Parcentese der Hornhaut die grünen Wolken am Sphinkterrand so momentan und so prufuse vorstürzen, dass dieser Umstand schon eine Secretion derselben aus den Irisgefässen ausschliesst, so wurden doch noch folgende Versuche angestellt.

10.

Braunes ausgewachsenes Kaninchen.

Rechtes Auge: Seit 3 Wochen besteht ein fast 3 Mm breites künstliches Colobom am oberen Theile des Pupillarrandes, da, wo am intacten Auge in den meisten Fällen die erste Grünfärbung sichtbar wird, und nach Hornhautparacentese die grünen Wolken am deutlichsten sichtbar werden. Das Colobom erstreckt sich nicht ganz bis zur Irismitte. Subcutane Injection von 3 ccm Uraninlösung. 30 Minuten nach der Injection, nachdem Hornhaut und Kammerwasser deutlich grün fluoresziren und die Iris an vielen Stellen grün gefärbt ist, wird die Hornhaut dem Colobom gegenüber durch einen breiten Schnitt paracentirt. Das Kammerwasser fliesst rasch ab. Der Augenäquator bleibt in der Verticalebene. Momentan stürzen sowohl an den seitlichen als auch an den peripheren Begrenzungsrändern des Coloboms dicke grüne Massen hervor, die sich als undurchsichtige Wolken vor der Pupille her rasch

nach unten senken. Druck mit dem Lide oder Schielhaken gegen den Corneallimbus treibt sowohl in Colobom als in Pupille dicke grüne Massen am Irisrande hervor, je nach der Richtung des Druckes. Nach einer Stunde lassen sich keine grünen Massen mehr hervordrücken. Der Versuch wird nach 2 Tagen an demselben Thiere mit demselben Resultate wiederholt.

11.

Schwarzes Kaninchen.

Breites Colobom bis zur Iriswurzel unter dem M. rect. sup. Man sieht bequem durch die hintere Kammer bis über den Linsenrand hinaus. Subcutane Injection von 4 ccm Uraninlösung. Nach 15 Minuten wird der Bulbus luxirt und in horizontaler Lage fixirt. Allmählich tritt die in Versuch 3 beschriebene Färbung der Iris und des Kammerwassers auf; zu gleicher Zeit färbt sich die periphere Hälfte des Coloboms, indem sich in der Tiefe der hinteren Kammer intensiv grün gefärbte Flüssigkeit ansammelt; durch Druck auf den Hornhautrand lässt dieselbe sich nach dem Centrum hinschieben und fliesst nach Aufhören des Druckes wieder in die Tiefe zurück. Dreht man das Auge so um 90°, dass der Aequator in verticale Lage und das Colobom nach oben zu stehen kommt, so fliesst die grüne Flüssigkeit aus der hinteren Kammer nach den Gesetzen der Schwere über die Linse weg in die vordere Kammer, um sich vor der Iris in der Kammerbucht anzusammeln. Das Colobom erscheint jetzt schwarz. Drückt man nun mit einem stumpfen Instrumente gegen das Corpus ciliare hinter der Hornhautnarbe, in welche ein Theil der Iriswurzel eingeheilt ist, so sieht man aus den als schwarze Franzen sichtbaren Ciliarfortsätzen hellgrünen Farbstoff als kleine grüne Punkte tropfenweise hervorquellen, sich auf die Linse herabsenken und von hier durch das Colobom in die vordere Kammer eintreten. Das Auge wird wieder in horizontale Lage gebracht; die grüne Flüssigkeit fliesst wieder in die Tiefe der hinteren Kammer zurück. Die Cornea wird paracentirt und das Kammerwasser langsam abgelassen. Die Iris liegt der Hornhaut dicht an. Es quellen keine grünen Massen am Irisrande hervor. Die periphere Hälfte des Coloboms erscheint als ein grünes Band, dessen centraler Begrenzungsrand in einer gewissen Höhe auf der Linsenvorderfläche scharf ab-

schneidet. Sobald man den Bulbus in seine normale Lage reponirt, löst sich sofort das grüne Band in einzelne Wolken auf, welche sich langsam über die Linse weg nach unten in die vordere Kammer senken; zugleich stürzen bei Lidbewegungen des Thieres weitere grüne Massen am Pupillarrande hervor und färben die vordere Kammer so grün, dass eine weitere genaue Beobachtung nicht möglich ist.

Wiederholte Versuche, welche ich in dieser Weise anstellte, lieferten dieselben Resultate, nur war in sofern eine Differenz zu bemerken, als bei einigen Versuchen die grüne Färbung auf der Iris früher auftrat, als im Colobom, bei anderen trat der umgekehrte Fall ein. Erwähnenswerth ist, dass bei albinotischen Kaninchen in der hinteren Kammer nie früher Farbstoff zu sehen war, bevor derselbe in der vorderen Kammer deutlich sichtbar wurde; ja, ich habe die intensive Grünfärbung der hinteren Kammer, obwohl ich an drei albinotischen Kaninchen experimentirte, nicht ein einziges Mal deutlich gesehen, sondern immer nur einen leichten bandförmigen grünen Schatten, entsprechend dem schönen grünen Bande bei Pigmentkaninchen. Man darf wohl kaum annehmen, dass die Sekretionsverhältnisse in der hinteren Kammer bei Albinos andere sind als bei Thieren mit pigmentirter Iris; wohl mag der Farbstoff das pigmentfreie Gewebe etwas rascher durchdringen, als das pigmentreiche — es spicht hierfür der Umstand, dass der grüne Farbstoff an der braunen Iris zuerst an den von Pigment relativ freien Stellen sichtbar wird —; vielmehr ist das Fehlen der Sichtbarkeit des Farbstoffes in der hinteren Kammer der Albinos auf die Wirkung des vom Fundus oculi reflectirten rothen Lichtes zurückzuführen. Gleichwie bei intensivster Grünfärbung des Pupillargebietes bei Kanninchen die grüne Farbe sofort unsichtbr wird, wenn von dem durch das Ophthalmoskop hell erleuchteten Fundus rothes Licht reflectirt wird, ebenso sieht man vor dem hellroth aufleuchtenden Fundus

der Albinos die grüne Fluorescenz der Uraninlösung nicht, Besonders deutlich sah man die in Versuch 11 beschriebenen Erscheinungen an einem Auge, an dem bei Ausführung einer sehr peripher gehenden Iridectomie Cataracta traumatica entstanden war. Man konnte hier den Linsenrand gut sehen und in Folge dessen genau beobachten, wie die grüne Flüssigkeit, bei Druck hinter die Hornhautnarbe, aus den Ciliarfortsätzen herkommend, sich vor der Zonula her auf die graue Linse herabsenkte.

12.

Gelbes Kaninchen.

Sehr peripher sitzendes lochförmiges Colobom der Iris unter dem m. rectus sup. Sphinkter und centraler Iristheil gut erhalten. Die Wunde ist ohne Iritis verheilt. 5 Wochen nach der Operation subcutane Injection von 4 ccm Uraninlösung. Der Bulbus bleibt in seiner normalen Lage, wird jedoch vor jeder Einwirkung durch Lidbewegung u. s. w. geschützt.

Nach 10 Minuten leichter grüner Anflug des Sphinkter Iridis auch unter dem Colobom. Pupille und Colobom selbst noch frei. Nach 12 Minuten Auftreten einer E. Linie in der Pupille, welche von dem zwischen Colobom und Iris gelegenen Iristheil auszugehen scheint. 15 Minuten nach der Injection Färbung des Coloboms mit grünen Massen. Dieselben treten hinter der Hornhautnarbe, zum Theil auch von der Seite in dasselbe ein, senken sich als stark grüngefärbte undurchsichtige Linien nach unten, gehen über den Sphinkterrand weg in die vordere Kammer und sammeln sich in der Kammerbucht an. Für einen Moment ist das Colobom frei von Farbstoff. Drückt man hinter die Hornhautnarbe gegen das Corpus ciliare, so dringen neue grüne Wölkchen von letzterem ausgehend in das Colobom ein und nehmen denselben Weg, wie die ersteren. Rotirt man den Bulbus um 90°, so füllt sich die hintere Kammer in derselben Weise mit Farbstoff, welcher, sobald er über den Irisrand hinweggeflossen ist, in der vorderen Kammer sich nach unten senkt. Nach 25 Minuten wird die Paracentese der Hornhaut ausgeführt und das Kammerwasser langsam abgelassen. Pupille und Colobom sind einen

Moment schwarz. Nur dicht am Sphinkterrand bleibt der in Versuch 9 beschriebene grüne Ring. Vom Sclerallimbus her treten grüne Wolken in senkrechter Richtung in das Colobom ein und gehen von hier über den Sphinkter weg in die vordere Kammer. Kein einziges Mal treten grüne Wolken am Spinkter hervor. Erst wenn man mit dem Schielhaken die Iris von der Linse abhebt und von der Seite her auf der Hornhaut nach dem Centrum hinstreicht, kann man grüne Wolken hinter der Iris hervorpressen; doch muss man sich auch bei der braunen Iris hüten, die grünen Massen, welche sich vor der Iris herbewegen und, sobald sie vor die schwarze Pupille kommen, in einem helleren Grün aufleuchten, nicht mit Flüssigkeitsmassen zu verwechseln, welche hinter der Iris hervorbrechen.

13.

Graues Kaninchen.

Am rechten Auge peripher sitzende lochförmige Iridectomie unter der Ansatzstelle des m. rect. sup. Sphinkter Iridis gut erhalten. Horizontale Stellung des Augenäquators und Luxatio bulbi: Pupille eng, Colobom weit. Nach 15 Minuten färbt sich das Irisstroma an verschiedenen Stellen grün. Nach 20 Minuten beginnt sich der periphere Theil des Coloboms grün zu färben. Die Färbung in der hinteren Kammer nimmt langsam zu, bleibt aber $1^1/_2$ Mm vom Sphinkterrand entfernt stehen. Dreht man das Auge so, dass das Colobom über die Pupille zu stehen kommt, so senkt sich die grüne Flüssigkeit sofort auf der Linse her über den Sphinkter weg in die vordere Kammer. Bringt man das Auge in seine frühere Lage, so fliesst die Flüssigkeit von der Linsenhöhe in die hintere Kammer zurück. Am Sphinkter ist noch keine grüne Wolke hervorgekommen. Selbst nachdem $^1/_2$ Stunde nach der Injection das Kammerwasser langsam abgeflossen ist, treten bei horizontaler Stellung des Augenäquators und bei vorsichtigem Schutz des Bulbus vor jedem äusseren Druck an keiner Stelle des Sphinkterrandes grüne Massen hervor. Die Färbung im Colobom bleibt auf letzteres beschränkt. Erst bei normaler Augenstellung des Thieres fliessen wieder grüne Massen aus dem Colobom über den Sphinkter weg in die vordere Kammer.

14.

Weisses Kaninchen mit albinotischer Iris.

Rechts sehr peripher sitzendes breites Colobom. Sphinkter gut erhalten. 6 Wochen nach der Operation subcutane Injection von 4 Ccm Uraninlösung. Bulbus luxirt. Augenäquator in horizontaler Ebene. ¾ Stunden nach der Injection Paracentese der Hornhaut. Die gelbe Iris liegt der Hornhaut dicht an; sie ist nur in der Peripherie und an einzelnen Punkten und Strichen deutlich grün. Das Pupillargebiet und Colobom sehen roth aus, nur am Sphinkterrand bleibt ein durchscheinender grüner Ring zurück, der allmählich wieder breiter wird und schliesslich die Pupille ausfüllt. Die Ansammlung des Kammerwassers geht deutlich sichtbar von der Peripherie aus. Durch Druck auf die Hornhaut lassen sich weder im Pupillargebiet noch im Colobom grüne Massen hinter der Iris hervordrücken. Das Augeninnere erscheint bei ophthalmoskopischer Beleuchtung vollkommen klar.

Ist die Ulrich'sche Annahme, dass die nach Paracentesis corneae am Pupillarrande erscheinenden grünen Wolken dem Sphinkter Iridis entstammen, richtig, so durfte bei einem central angelegten Colobom kein Farbstoff in dem Colobom erscheinen. In Versuch 10 sehen wir, dass dies nicht der Fall ist, dass viermehr im Colobom und am meisten in der Peripherie desselben die bekannten grünen Wolken hervortreten, ja durch mechanischen Druck gegen die hintere Kammer beliebig aus derselben hervorgepresst werden können. Dies ist sogar, wie aus Versuch 12 hervorgeht, schon vor der Hornhautparacentese möglich. Versuch 11 gestattet uns, durch Einblick in die hintere Kammer direct zu beobachten, wie der in derselben angesammelte Farbstoff, sei es durch mechanisches Verschieben, sei es durch sein eigenes Schwergewicht, in die vordere Kammer hineinfliesst und sein Aussehen ganz den grünen Massen gleicht, welche nach Abfluss des Kammerwassers am Rande der unverletzten Iris erscheinen.

Man könnte den Einwand machen, die beiden Versuche bewiesen nur, dass der Farbstoff zwar aus der hin-

teren Kammer käme, dies aber nicht ausschlösse, dass er auch gleichzeitig den Sphinktergefässen entstamme. Um diesen Einwand zurückzuweisen, wurden die oben erwähnten, peripher sitzenden, lochförmigen Iridectomien angelegt; in diesem Falle hätte man doch die Farbstoffmengen sowohl aus hinterer Kammer als auch aus dem Sphinkter müssen hervorkommen sehen. Doch wir beobachten in Versuch 12 und 13, dass nach Paracentesis corneae weder bei horizontaler noch bei vertikaler Stellung des Augenäquators dichte grüne Wolken aus dem Sphinkter hervorkommen, sondern stets von der hinteren Kammer über die Linsenvorderfläche und den auf derselben fest aufliegenden Sphinkter weg in die Vorderkammer eintreten. Dass der Sphinkter in diesen Fällen durch die vorhergeschickte Operation nicht atrophisch und die Gefässe desselben nicht secretionsunfähig geworden waren, beweist der Umstand, dass man nicht bloss vor der Hornhautparacentese eine deutliche Grünfärbung des Sphinkters unter dem Colobom beobachtete, sondern sogar E-Linien von demselben ausgehen sah. Ueber die Entstehung und Natur des durchsichtigen grünen Ringes am Sphinkterrand ist oben das Nöthige gesagt. Aus Versuch 14 wage ich keinen sicheren Schluss zu ziehen, da die optische Eigenthümlichkeit des Fluoreszins vor dem rothleuchtenden Fundus der Albinos eine exacte Beobachtung nicht gestattet. (Vergl. S. 50.)

Die fünf letzten Versuche ergeben mit Bestimmtheit, dass die nach Hornhautparacentese am Sphinkterrande unter gewissen Bedingungen erscheinenden und sich von den in der Camera anterior des unverletzten Auges auftretenden Farbstoffmengen wesentlich unterscheidenden dichten grünen Wolken ausschliesslich der hinteren Kammer und nicht den erweiterten Gefässen des Sphinkters entstammen.

Aber noch über zwei weitere Fragen gaben obige

Versuche einigen Aufschluss: einmal, wie weit neben der Absonderung der Irisgefässe selbst die Flüssigkeit der hinteren Kammer an der Durchtränkung des Irisgewebes betheiligt ist; sodann, woher der Inhalt der hinteren Kammer stammt. Was die erste Frage anlangt, so sprechen schon die Versuche mit FeCyK-Injectionen dafür, dass die Durchtränkung des Irisgewebes von den Irisgefässen und nicht von der Hinterkammer ausgeht. Ferner spricht für diese Annahme der Umstand, dass sich zuerst die gefässreichsten Theile der Iris färben, die mit der hinteren Kammer gar nicht in directer Berührung stehen, nämlich der Spinkter, der doch der Linse fest aufliegt, ferner, dass nach Uranininjection das Hinterkammerwasser eine ganz andere Beschaffenheit hat, als die von der Irisvorderfläche stammende Flüssigkeit. (Vergl. S. 42.) Mit Bestimmtheit aber geht aus Versuch 12 und 13 hervor, dass die Iris unabhängig von der hinteren Kammer Humor aqueus an ihrer Vorderfläche secernirt; denn sowohl in diesen beiden Versuchen als auch in einigen unter Versuch 11 erwähnten konnte man mit Bestimmtheit Färbung in der Vorderkammer wahrnehmen, ohne dass eine Spur von Grünfärbung in der hinteren Kammer zu sehen gewesen wäre; erst 5 bis 10 Minuten nach dem Auftreten der Färbung in der vorderen Kammer trat auch Färbung in der hinteren Kammer auf. Die Behauptung, dass ein Theil der an der Vorderfläche der Iris erscheinenden Flüssigkeit von der Rückfläche der Iris aufgesogen und durch das Irisgewebe durchfiltrirt werde, beruht demnach wenigstens für normale Verhältnisse des Flüssigkeitsstromes auf blosser Annahme und bedarf, da ja die Möglichkeit derselben nicht bestritten werden kann, noch weiterer Stützpunkte, jedenfalls sprechen obige Versuche dagegen.

Ferner kann man sich durch Versuch 11, 12 und 13 durch directe Anschauung überzeugen, dass der in der hinteren Kammer sich ansammelnde Farbstoff zum grössten

Theil von den Ciliarfortsätzen stammt. In Versuch 11 und 12 konnte man durch das Colobom bequem die hintere Kammer überschauen; man sah nicht nur den Linsenrand, sondern an zwei Augen die Ciliarfortsätze als schwarze Franzen vorstehen. Deutlich bemerkte man, wie die grüne Flüssigkeit von diesen ausgehend sich vor der Linse her nach unten senkte, ja, man konnte sogar durch Druck von aussen auf die Gegend des Corpus ciliare dies zu stärkerer Secretion veranlassen und mehr grüne Wolken aus demselben gleichsam herauspressen. Besonders schön war an dem Auge mit cataractöser Linse zu sehen, dass die grüne Flüssigkeit aus dem Corpus ciliare stammt.

Diese Beobachtungen stimmen mit den Resultaten von Schöler-Uhthoff überein, welche dieselben durch zahlreiche Sectionen erhalten hatten. Auch obige Untersuchungen der mit FeCyK und Eisenchlorid behandelten Augen deuten darauf hin, dass das Wasser der Hinterkammer dem Corpus ciliare und vielleicht auch der Irisrückfläche, nicht aber dem Glaskörper entstamme. (Vergl. I. Theil.) Einestheils aber sind die aus diesen Untersuchungen gewonnenen Resultate nicht sicher genug, um sie auf das lebende Auge anzuwenden, anderntheils wäre es nach Versuch 11—14 ja immerhin möglich gewesen, dass ein Theil des Hinterkammerwassers doch aus Glaskörper gekommen und durch die Zonula durchfiltrirt sei, ohne dass man diesen Vorgang am lebenden Auge bei der starken Grünfärbung der hinteren Kammer hätte beobachten können. Da eine ophthalmoskopische Beobachtung der Uraninströmung aus optischen Gründen unmöglich ist, so musste ich mich bei weiteren Untersuchungen auch auf Sectionsbefunde beschränken; und leider konnte man hierbei die Augen auch nur makroskopisch untersuchen, da das Uranin wenige Minuten nach dem Tode durch sämmtliche Gewebe diffus durchdiffundirt, also an eine Härtung und nachfolgende mikroskopische

Untersuchung der Präparate mit sicheren Resultaten nicht zu denken war. Es folgen die Protokolle der Untersuchungen; dieselben stimmen mit den von Schöler-Uhthoff veröffentlichten im Wesentlichen überein.

15.

Schwarzes Kaninchen.

Subcutane Injection von 3 Ccm Uraninlösung. Nach 10 Minuten, sobald die ersten grünen Linien vor der Pupille sichtbar werden, Enucleation des Bulbus. Derselbe wird sofort untersucht.

Conjunctiva diffus grüngelb gefärbt. Sclera an einigen Stellen grün, besonders an den Durchtrittsstellen der Gefässe und in der Nähe der Hornhautgrenze. Die Hornhaut fluoreszirt nur in der Kammerbucht schwach grün. Auf dem Pigmentepithel der Aderhaut einige grüne Punkte und Striche. Die Netzhaut zeigt keine Spur von Färbung, auch nicht im Bereich der markhaltigen Fasern. Der Glaskörper hat nur in den dem Linsenäquator benachbarten Stellen einen leichten Stich in's Grüne; ebenso die Zonula Zinni und der Linsenäquator. Nach Wegnahme der Linsenkapsel bemerkt man an der Linsensubstanz keine Spur von Färbung. Ein deutliche Grünfärbung ist an den Ciliarfortsätzen zu sehen, und zwar befindet sich hier die grüne Farbe in den Vertiefungen zwischen den einzelnen Riffen. Die radiär gestellten Striche nehmen nach dem Linsenäquator an Intensität der Färbung zu. Die hintere Kammer fluoreszirt nicht. Die vordere Kammer ist nur wenig gefärbt. An der Iris ist keine Grünfärbung zu bemerken.

16.

Braunes Kaninchen.

Subcutane Injection von 4 Ccm Uraninlösung. Enucleation des Bulbus 20 Minuten nach der Injection.

Die Hornhaut fluoreszirt leicht grün, ebenso die vordere Kammer. Sclera an verschiedenen Stellen verschieden stark gefärbt. Glaskörper in seiner ganzen Ausdehnung gleich grün gefärbt. Die losgelöste und in Wasser abgespülte Netzhaut zeigt keine Färbung, wohl aber ist die Aderhaut in ihrer ganzen Ausdehnung grünlichgelb gefärbt. Am stärksten gefärbt sind die Ciliarfortsätze; in der hinteren Kammer ist

stark grüngefärbte Flüssigkeit. Auf der Hinterfläche der Iris und des Corpus ciliare einzelne grüne Striche entsprechend den Vertiefungen des Gewebes und ähnlich der radiären Zeichnung, welche wir oben beschrieben haben bei Erwähnung der peripheren grünen Zone der albinotischen Iris. (Vergl. S. 38.) Die Linse erscheint besonders im Aequator grün leuchtend. Nach Entfernung der Kapsel und Abspülen der Linse und Kapsel in reinem Wasser erscheint nur die Kapsel diffus grün, während an dem Linsengewebe selbst keine Spur von Färbung zu beobachten ist.

17.

Schwarzes Kaninchen.

Subcutane Injection von 4 Ccm Uraninlösung. 30 Minuten später Enucleation des Bulbus. Conjunctiva und Sclera liefern denselben Befund wie in Versuch 15. Die Hornhaut zeigt in ihrer ganzen Ausdehnung eine leichte diffuse grüne Färbung, welche nach dem Limbus hin an Intensität zunimmt. Der Humor aqueus ist hellgrün. Die Iris zeigt, von vorn aus betrachtet, nur Spuren von Grünfärbung. Das Auge wird im Aequator aufgeschnitten. Der vordere Theil des Glaskörpers ist deutlich grün gefärbt; in der hinteren Hälfte kann eine Färbung nicht mit Sicherheit constatirt werden. Die ganze Netzhaut ist ungefärbt. Ueber das Pigmentepithel der Chorioidea ist eine von dicht gesäeten schwarzen Punkten unterbrochene Grünfärbung bemerkbar. Ciliarfortsätze wie in Versuch 16. Der Linsenäquator ist stark grün gefärbt; in der hinteren Kammer befindet sich grüne Flüssigkeit. Um die hintere Kammer deutlich zu sehen, wird die Linse vorsichtig durch die hintere Kapsel entfernt. Die stärkste Grünfärbung befindet sich an dem der Iris aufliegenden Theil des Corpus ciliare. Die Färbung bleibt hier solange erhalten, als die hintere Kammer geschlossen ist. Nach Entfernung der vorderen Linsenkapsel fliesst die grüne Flüssigkeit aus der hinteren Kammer ab, und Corpus ciliare mit Iris sehen schwarz aus. Linsenkapsel und Zonula sind stark grün gefärbt. Die Linsensubstanz selbst ist ungefärbt.

18.

Braunes Kaninchen.

Injection von 4 Ccm Uraninlösung. 40 Minuten später Enucleation des Bulbus. Hornhaut und Kammerwasser stark

grün gefärbt. Besonders stark fluoreszirt die Corneoscleralgrenze. Die Vorderfläche der Iris hat in ihrem Gewebe zahlreiche grüne Punkte. Das Auge wird im Aequator aufgeschnitten. Der Glaskörper lässt in den hinteren Schichten keine Färbung erkennen, die vorderen Schichten zeigen eine diffuse Färbung; die Netzhaut ist nur im Bereich der Netzhautgefässe leicht grün gefärbt; im übrigen Netzhautgewebe keine Färbung. Die Chorioidea ist intensiv grün gefärbt. Der Strahlenkranz des Ciliarkörpers zeigt einen Kreis stark grün gefärbter radiär angeordneter Streifen, deren Färbung am Linsenäquator am stärksten ist. Zonula und Linsenkapsel erscheinen deutlich grün; letztere ist am Aequator am stärksten gefärbt. Durch die Linse durch sieht man auf der hinteren Irisfläche radienförmig den Furchen der Iris und des Ciliarkörpers entsprechend den Farbstoff dick aufsitzen. Nach Loslösung der Linsenkapsel von der Linse sieht erstere noch deutlich grün aus, während letztere ihre normale bläulich opaleszirende Farbe hat. Bei Wegnahme der Linse entleert sich aus der hinteren Kammer stark grün gefärbte Flüssigkeit. Iris und Corpus ciliare sind von grüner Flüssigkeit stark durchtränkt.

19.

Graues Kaninchen.

Subcutane Injection von 4 Ccm Uraninlösung. Enucleation des Bulbus nach 18 Stunden. Conjunctiva, Sclera, Iris, vordere Kammer und Hornhaut frei von Farbstoff. Das Auge wird im Aequator aufgesehnitten. Der Glaskörper ist in den vorderen Schichten stärker gefärbt als in den hinteren, doch schwächer als am rechten Auge. An Ciliarkörper, Iris und in der hinteren Kammer keine Spur von Färbung. Die Linsenkapsel ist gleichmässig grün gefärbt; auch die Linse selbst fluorescirt, der Kern schwächer als die Rinde. Netzhaut und Aderhaut frei von Färbung.

20.

Graues Kaninchen.

Subcutane Injection von 4 Ccm Uraninlösung. Rechtes Auge: Coloboma artif. nach oben. Es war die Paracentesis corneae ausgeführt worden. Enucleatio bulbi nach 24 Stunden. Conjunctiva, Sclera Cornea, Humor aqueus, Iris, Retina und Chorioidea ungefärbt. Der Glaskörper ist in allen

seinen Theilen gleichmässig stark grün gefärbt. In der hinteren Kammer ist keine Färbung. Linsenkapsel ist gleichmässig grün, sowohl vorn wie hinten. Nach Entfernung der Kapsel fluoreszirt auch die Linse, die Corticalis mehr als der Kern.

21.

Schwarzes Kaninchen.

Subcutane Injection von 4 Ccm Uraninlösung. Enucleatio bulbi nach 48 Stunden. Nur die Linsenkapsel mit der angrenzenden Rindensubstanz sieht grün aus. Betrachtet man den Kern sorgfältig vor einem schwarzen Hintergrunde, so fluoreszirt auch dieser schwach grün. Im Uebrigen ist das Auge ungefärbt.

22.

Schwarzes Kaninchen.

Subcutane Injection von 4 Ccm Uraninlösung. 60 Stunden später Enucleatio bulbi. Nur Linsenkapsel und Rindensubstanz zeigen Spuren von Färbung. Sonst ist nirgends eine solche zu constatiren.

Versuch 15—18 ergeben, dass das Uranin auf dem Wege der Blutgefässe dem Auge zugeführt wird — auch das Blut zeigte sich bei der Enucleation deutlich grün gefärbt —; denn an den Theilen des Auges, welche die reichste Gefässbildung haben, erschien die Grünfärbung am frühsten und am intensivsten, an Iris, Corpus ciliare mit hinterer Kammer und Aderhaut. Daneben sind (Versuch 15) die der hinteren Kammer benachbarten aber von Blutgefässen freien Theile gefärbt, Linsenkapsel, Zonula und vorderer Theil des Glaskörpers. Versuch 17 bietet uns dasselbe Bild der Grünfärbung, nur hat die Färbung hier einen höheren Grad erreicht, weil von der Injection bis zur Enucleation längere Zeit verstrichen war. Die stärkste Grünfärbung zeigte in Versuch 15—18 stets der Ciliarkörper. Diese Befunde ergeben in Uebereinstimmung mit den oben mitgetheilten Beobachtungen an nicht enucleirten Augen, dass das Uranin aus den Gefässen der Aderhaut, Iris und des Corpus ciliare in das umgebende

Gewebe austritt, um nach Durchtränkung desselben von der Oberfläche der Iris und des Corpus ciliare ausgehend die vordere und hintere Kammer zu speisen. Von der hinteren Kammer aus tritt dann der Farbstoff an dem Linsenäquator in die Linse ein und durch die Zonula in den Glaskörper, um erst die vorderen Schichten derselben und dann auch die hinteren zu durchdringen. Von der Aderhaut geht kein Flüssigkeitsstrom in die Netzhaut über. Wäre die Ulrich'sche Filtrationstheorie richtig, so müsste doch notwendig zu einer Zeit, wo Aderhaut, Zonula und hintere Kammer deutliche Grünfärbung zeigen, auch die Netzhaut und der Glaskörper, letzterer in den hinteren und vorderen Schichten grün gefärbt sein. Dies ist aber nicht der Fall. In Versuch 15 und 17 war Netzhaut und hinterer Theil des Glaskörpers vollständig ungefärbt; in Versuch 18 war nur der vordere Glaskörpertheil, die Netzhaut nur im Bereich der Netzhautgefässe gefärbt, obwohl der aus den Chorioidalgefässen kommende Farbstoff schon deutlich auf der Oberfläche der Chorioidea sichtbar war. In Versuch 16 war die Netzhaut ungefärbt; dass hier der Glaskörper in allen seinen Schichten gleichmässig gefärbt war, ist wohl auf eine früher gemachte Beobachtung zurückzuführen, dass die Geschwindigkeit des Flüssigkeitswechsels im Auge bei den verschiedenen Thieren eine verschiedene ist; hätte man früher enucleirt, so würde man wahrscheinlich nur den vorderen Theil des Glaskörpers gefärbt gefunden haben. Jedenfalls ist die Grünfärbung des Glaskörpers auch bei diesem Versuche nicht von der Chorioidea ausgegangen, da die Netzhaut vollständig ungefärbt war. In Versuch 15—18, war die Aderhaut, Corpus ciliare, hintere Kammer und Zonula gefärbt. Es kann daher wohl mit Bestimmtheit ausgesprochen werden, dass der Glaskörper von der hinteren Kammer und nicht von der Chorioidea aus ernährt wird. Diese Behauptung findet eine Stütze in den Resultaten, welche durch Injection von

FeCyK gewonnen wurden. (Vergleiche I. Theil, S. 15.) Ferner dürften die Versuche die Annahme nahe legen, dass die Netzhaut nur von den Netzhautgefässen und nicht von der Chorioidea aus ernährt wird, denn zu einer Zeit, wo Chorioidea und Glaskörper grün gefärbt waren, war in der Netzhaut noch keine Spur von Färbung zu constatiren. Nur in Versuch 18, also 40 Minuten nach der Injection, war das Netzhautgewebe im Bereich seiner Blutgefässe grün. Es kann hieraus natürlich nicht gefolgert werden, dass bis dahin überhaupt kein Farbstoff in die übrige Netzhaut gelangt sei; vielmehr glaube ich, dass nur ein äusserst feiner Flüssigkeitsstrom von den Netzhautgefässen in das Nervengewebe übergeht, so dass das Uranin wegen all zu grosser Verdünnung sich unserer Wahrnehmung entzieht. Eine ähnliche Beobachtung haben wir an der hinteren Kammer und Linse gemacht. (Vergl. S. 64.) Was die Linse anbetrifft, so zeigt diese einen sehr sparsamen und langsamen Ernährungsstrom. Selbst 40 Minuten nach der subcutanen Injection war noch keine Färbung in der Linsensubstanz zu beobachten. Wie die Versuche mit FeCyK, so sprechen auch die letzten Experimente dafür, dass die Ernährung der Linse vom Aequator aus erfolgt. Hier war stets die stärkste Färbung nicht nur in der Kapsel zu beobachten, sondern die Rindensubstanz selbst zeigte hier zuerst eine deutliche Färbung. Der Ernährungsstrom geht von hier durch die Rinde zum Kern. In Versuch 19, 20, 21 war die Rindensubstanz stärker gefärbt als der Kern, in Versuch 22 war 60 Stunden nach der Injection nur noch die Rinde gefärbt. In keinem Falle, ebenso wenig wie bei den Versuchen mit FeCyK-Injection, konnte man eine stärkere Färbung der hinteren Schichten der Linsensubstanz wahrnehmen. Alles dies spricht gegen die Annahme Ulrich's, dass die Linse auch vom Glaskörper aus ernährt wird. Auch stimmen mit obigen Versuchen die Befunde Schöler's

überein, welcher nach Injection von Uranin in den Glaskörper tagelang Grünfärbung des letzteren beobachtete, ohne dass eine Spur von Linsenfärbung aufgetreten wäre; vielmehr beobachtete derselbe nach directer Glaskörperinjection nie eine Färbung der Linse, bevor nicht auch die vordere Kammer Farbstoff enthielt, ein deutlicher Beweis dafür, dass vom Glaskörper keine Strömung direct in das Linsengewebe übergeht. Der Umstand, dass die Hornhaut am frühesten und am stärksten in der Peripherie gefärbt, und erst später der Farbstoff im Hornhautcentrum zu sehen war, stimmt mit dem im ersten Theil der Arbeit über diesen Punkt Gesagten überein, dass nämlich die Flüssigkeit nicht direct aus der vorderen Kammer durch das Hornhautepithel in die Cornea eintritt, sondern dass die Ernährung der letzteren von den Gefässen des Limbus aus vor sich geht. (Vergl. I. Theil S. 20.)

Versuch 19—22 geben einigen Aufschluss über die Ausscheidung des Farbstoffes aus dem Auge. Schon nach 18 Stunden war in Hornhaut, Regenbogenhaut, vorderer und hinterer Kammer, Ciliarkörper, Netzhaut und Aderhaut keine Spur von Färbung zu beobachten, wohl aber in Linse und Glaskörper, ein Beweis, dass in letzteren der Stoffwechsel bedeutend langsamer vor sich geht als in den erstgenannten mit dem Gefässsystem in directer Verbindung stehenden Augentheilen. Denn 18 und 24 Stunden nach der Injection war der Glaskörper noch stark grün gefärbt; dass in Versuch 19 die vorderen Glasskörperschichten deutlich mehr Farbstoff enthielten als die hinteren, führt zu der Vermuthung, dass die Ausscheidung des Farbstoffes aus dem Glaskörper ebenfalls vorn an den Zonula stattfindet. Hiermit stimmen stimmen die Befunde Ulrich's überein, die er im Archiv für Ophthalm. XXX „Pathogenese des Glaucoms" veröffentlicht hat; dass nämlich Coccen, Eiterkörperchen und

in den Glaskörper injicirte nicht organisirte Fremdkörper durch Zonula und hintere Kammer auswandern. Auf demselben Wege, auf dem die Ernährungsströme eintreten, kann auch unbrauchbares Material ausgeschieden werden. Dass unter pathologischen Verhältnissen, namentlich unter abnormen Druckdifferenzen zwischen Glaskörperraum und hinterer Kammer, sei es nun, dass dieselben durch directe Injection in den Glaskörper oder auch durch Paracentesis corneae hervorgerufen werden, eine Filtration vom Glaskörper durch die Zonula in die hintere Kammer stattfindet, geht zur Genüge aus den oben angeführten Arbeiten Ulrich's und Deutschmann's hervor. Auch die bei directer Glaskörperinjection constatirten Befunde (I. Theil, Versuch 4 und 5) sprechen dafür. Was nun schliesslich noch die Linse anbetrifft, so stimmen obige Befunde ganz mit den Ansichten Schöler's überein, nach welchem der Farbstoff auf demselben Wege, auf dem er in dieselbe gelangt ist, dieselbe auch wieder verlässt; denn in obigen Versuchen war nach 18 und 24 Stunden Kern und Rinde gefärbt, der Kern stets weniger als die Rinde, letztere immer am meisten am Aequator. Nach 60 Stunden war nur noch die Rinde und die Kapsel gefärbt. Wollte man einwenden, dass, solange Farbstoff von dem Linsenäquator in die hintere Kammer ausgeschieden würde, dieser Farbstoff auch in der hinteren Kammer sichtbar sein müsste, so findet der negative Befund in obigen Versuchen darin seine Erklärung, dass in den letzten Stadien der Linsenfärbung, also 48 und 60 Stunden nach der Injection, diese in der Linsensubstanz selbst schon nur mit Mühe zu sehen ist. Tritt der Farbstoff aber so langsam, wie es thatsächlich der Fall ist, aus der Linse heraus, so muss in der hinteren Kammer eine solche Verdünnung des Farbstoffes stattfinden, dass er sich hier unserer Beobachtung vollends entzieht.

Zum Schlusse sei es vergönnt, auch die Resultate, die ich durch den zweiten Theil der Arbeit für den Flüssigkeitswechsel im Auge gewonnen zu haben glaube, übersichtlich zusammenzustellen.

1) Die einem Kaninchen subcutan injicirte Uraninlösung erscheint nach kurzer Zeit, in manchen Fällen schon nach 4—5 Minuten, in den Blutgefässen des Auges, tritt aus denselben aus und durchdringt auf bestimmt vorgeschriebenen Wegen sämmtliche Augentheile.

2) Von den Chorioidalgefässen aus durchdringt das Uranin das ganze Gewebe der Aderhaut.

3) Es geht kein Flüssigkeitsstrom von der Chorioidea durch die Netzhaut in den Glaskörper über.

4) Die Netzhaut wird von den Netzhautgefässen und nicht von der Chorioidea ernährt; es durchdringt das Uranin die Netzhaut viel langsamer als die Aderhaut.

5) Von der Oberfläche des Corpus ciliare dringt das Uranin in die hintere Kammer ein; die Grünfärbung, welche das hintere Kammerwasser zeigt, ist so intensiv wie an keinem anderen Theile des Auges.

6) Von der hinteren Kammer aus filtrirt das Uranin durch die Zonula in den Glaskörper, färbt zuerst dessen vorderen Schichten und dann die hinteren. Die Glaskörperfärbung tritt unabhängig von der Färbung der Netzhaut und Aderhaut ein.

7) Auf demselben Wege, auf dem das Uranin in den Glaskörper gedrungen ist, tritt wenigstens ein Theil desselben auch wieder aus.

8) Von der hinteren Kammer aus tritt die grüne Flüssigkeit am Linsenäquator in die Linsenkapsel und später an derselben Stelle in die Linsensubstanz selbst ein. Sie färbt zuerst die Rinde und dann den Kern, um auf demselben Wege die Linse wieder zu verlassen.

9) Sowohl Glaskörper als namentlich die Linse sind einem bedeutend langsameren Stoffwechsel unterworfen als sämmtliche anderen Augentheile.

10) Am intacten Auge ist am Pupillarrande keine offene Communication zwischen vorderer und hinterer Kammer nachweisbar, sondern es geht die Regeneration des Humor aqueus nach obigen Versuchen ausschliesslich von der Vorderfläche der Iris aus.

11) Die der Iris entstammende Flüssigkeit filtrirt nicht an einer bestimmten Filtrationszone aus der hinteren Kammer durch das Irisgewebe in die vordere Kammer durch, sondern stammt, wenigstens der Hauptsache nach, aus den Irisgefässen selbst.

12) Die erste Grünfärbung des Humor aqueus geht stets vom Shinkter Iridis aus.

13) Nach Abfluss des Kammerwassers in Folge von Hornhautparacentese tritt der neu ersetzte Humor aqueus an der ganzen Irisvorderfläche in die vordere Kammer ein; nur in den Fällen, in welchen die Iris mechanisch — etwa durch zu grosse Schnelligkeit des Abflusses — von der Linse gewaltsam abgehoben wird, tritt auch am Pupillenrande Farbstoff in die vordere Kammer ein.

14) Die nach Hornhautparacentese am Pupillenrande erscheinenden Farbstoffmassen unterscheiden sich wesentlich von den von der Irisvorderfläche stammenden und kommen ausschliesslich aus der hinteren Kammer, nicht aus den Sphinktergefässen.

15) Der Farbstoff tritt nicht direct durch das Epithel aus der vorderen Kammer in die Hornhaut ein, sondern es findet die Färbung der Hornhaut von der Corneoscleralgrenze aus statt.

16) Um die Wirkung von Uranininjectionen auf die

Augen zu beobachten, eignen sich besser Kaninchen mit brauner, als solche mit albinotischer Iris.

Vergleicht man diese Resultate mit den im ersten Theile gewonnenen, so findet man, dass kein Widerspruch zwischen ihnen besteht, dass vielmehr die auf S. 27 unter 6, 7 und 8 nur mit Wahrscheinlichkeit ausgesprochenen Anschauungen durch die Uranininjection eine weitere Stütze gefunden haben.

Berlin, Druck von W. Büxenstein.

Berlin, Druck von W. Büxenstein.